MANUAL DO PROFESSOR

PNLD
•2018
•2019
•2020

VENDA PROIBIDA

FNDE
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

POLÍTICA PÚBLICA DOS
PROGRAMAS
DO LIVRO
1937-2017
80 ANOS

FNDE
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

José Mariano Amabis
Gilberto Rodrigues Martho

Biologia moderna
Amabis & Martho

2
ENSINO MÉDIO

Componente curricular:
BIOLOGIA

MODERNA

Educador,

Este livro que você está recebendo integra o Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD). Trata-se de um conteúdo que passou por uma criteriosa avaliação do Ministério da Educação, para disponibilizar às escolas públicas brasileiras um material de qualidade.

É importante lembrar que este livro é reutilizável, ou seja, deve ser recolhido ao final do ano letivo para a utilização no próximo ano até a conclusão do ciclo, no final de 2020. Assim, recomenda-se que seja abordada em sala de aula a importância da conservação do livro para a utilização durante todo o ciclo. No caso deste manual, no caso de mudança do professor, é importante que o material permaneça na escola.

Por fim, caso você identifique alguma inconsistência neste material, ela pode ser comunicada ao FNDE por meio do telefone 0800-616161 ou no contato constante em www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico.

Bom trabalho!

FNDE
Fundo Nacional
de Desenvolvimento
da Educação

José Mariano Amabis
Licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências –
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.
Doutor e Mestre em Ciências, na área de Biologia (Genética)
pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.
Professor do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (1972-2004).
Coordenador de Atividades Educacionais e de Difusão do Centro de Estudos
do Genoma Humano da Universidade de São Paulo (2000-2004).

Gilberto Rodrigues Martho
Licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências –
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.
Lecionou Biologia em escolas de ensino médio e cursos pré-vestibulares.

Biologia moderna
Amabis & Martho
2
Ensino Médio

Componente curricular: BIOLOGIA

MANUAL DO PROFESSOR

1ª edição

São Paulo, 2016

MODERNA

Coordenação editorial: Rita Helena Bröckelmann
Edição de texto: Marcia Maria Laguna de Carvalho (coord.), Flávio Gomes-Silva, Roberta Aparecida Bueno Hiranaka, Dino Santesso Gabrielli, Edna Emiko Nomura
Preparação de texto: Silvana Cobucci
Gerência de *design* e produção gráfica: Sandra Botelho de Carvalho Homma
Coordenação de produção: Everson de Paula
Suporte administrativo editorial: Maria de Lourdes Rodrigues (coord.)
Coordenação de *design* e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite
Projeto gráfico: Marta Cerqueira Leite, Douglas Rodrigues José
Capa: Mariza de Souza Porto
Foto: Planta carnívora endêmica (*Drosera roraimae*). Monte Roraima (RR), 2014.
© Fabio Colombini
Coordenação de arte: Wilson Gazzoni Agostinho
Edição de arte: Ana Miadaira
Editoração eletrônica: Grapho Editoração
Coordenação de revisão: Adriana Bairrada
Revisão: Afonso Nunes Lopes, Cecília Setsuko Oku, Rita de Cássia Sam, Simone Soares Garcia, Thiago Dias
Coordenação de pesquisa iconográfica: Luciano Baneza Gabarron
Pesquisa iconográfica: Flávia Aline de Morais, Luciana Vieira, Camila D'Angelo, Maria Magalhaes, Monica de Souza, Vera Lucia Barrionuevo
Coordenação de *bureau*: Américo Jesus
Tratamento de imagens: Alexandre Petreca, Everton L. de Oliveira, Fabio N. Precendo, Hélio P. de Souza Filho, Marcio H. Kamoto, Vitória Sousa
Pré-impressão: Alexandre Petreca, Everton L. de Oliveira, Hélio P. de Souza Filho, Marcio H. Kamoto, Vitória Sousa
Coordenação de produção industrial: Viviane Pavani
Impressão e acabamento:

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Amabis, José Mariano
Biologia moderna : Amabis & Martho. –
1. ed. – São Paulo : Moderna, 2016.
Obra em 3v.
Componente curricular: Biologia

Bibliografia
1. Biologia (Ensino médio) I. Martho, Gilberto
Rodrigues. II. Título.

16-01478 CCDD-574.07

Índices para catálogo sistemático:
1. Biologia : Estudo e ensino 574.07

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.
Todos os direitos reservados

EDITORA MODERNA LTDA.
Rua Padre Adelino, 758 - Belenzinho
São Paulo - SP - Brasil - CEP 03303-904
Vendas e Atendimento: Tel. (0_ _11) 2602-5510
Fax (0_ _11) 2790-1501
www.moderna.com.br
2016
Impresso no Brasil

1 3 5 7 9 10 8 6 4 2

Apresentação

Prezado estudante,

A ciência está em todas as mídias – TV, jornais e revistas, sem falar da internet – quase diariamente. Os conhecimentos científicos saem dos laboratórios de pesquisa e geram tecnologias cada vez mais surpreendentes. Hoje, todo cidadão bem informado e participante dos avanços sociais de sua época precisa compreender os fundamentos do pensamento científico.

A Biologia é o ramo da ciência dedicado ao estudo e ao entendimento do intrincado fenômeno da vida, em seus mais diversos níveis e manifestações. O que é vida? Quais são suas características fundamentais? De que é feito um ser vivo? Como os seres vivos surgiram e evoluíram? Como a vida se mantém no organismo e se perpetua no tempo? Essas são algumas das perguntas que esta obra propõe analisar e responder, do ponto de vista da ciência atual. Além disso, queremos integrar essas questões centrais da Biologia com suas aplicações em nosso contexto social.

Como encarar esta obra didática de Biologia? Acima de tudo, como uma aliada em sua busca pelo conhecimento. Folheie o livro, familiarize-se com ele: percorra cada página, observe as imagens, procure nele temas que despertam sua curiosidade, antecipe respostas. Temos certeza de que muitos dos assuntos aqui tratados são de seu interesse. Não deixe de ler a apresentação de cada capítulo, que proporciona mais contexto ao seu estudo. Aceite os desafios das atividades. Proponha outras maneiras de divulgar os resultados de suas pesquisas, a fim de propagar informações e ideias. Participe das aulas fazendo sugestões de como gostaria de estudar os variados assuntos. Lembre-se de que você é protagonista do processo de ensino-aprendizagem e percorra seu próprio caminho no conhecimento da Biologia; esta obra quer acompanhar você nessa tarefa.

Além disso procure sempre ampliar seus horizontes. Estabeleça relações, mesmo que ousadas e inusitadas, entre o que você aprende em Biologia e o conteúdo de outras áreas do conhecimento. Converse com seus professores; troque ideias com colegas. Quanto mais você utilizar seus conhecimentos, em diferentes contextos, mais eles serão proveitosos.

Desejamos que esta obra o ajude a compreender e a valorizar a ciência, considerando os limites e as possibilidades que ela oferece; que desperte seu interesse por temas científicos e, quem sabe, seja seu incentivo para participar dessa grande aventura que é a construção do conhecimento.

Os autores

Organização deste livro

Cada volume da obra está dividido em 3 ou 4 módulos temáticos; em cada um deles, os assuntos são desenvolvidos em 2 a 5 capítulos, acompanhados de atividades que reforçam a aprendizagem.

Conheça detalhadamente a organização interna deste volume.

Módulo 1

Classificação biológica e os seres mais simples

Conheça os capítulos deste módulo

Módulo 3

O reino dos animais

Conheça os capítulos deste módulo

Abertura dos módulos

Na abertura de cada módulo, os textos e imagens trazem informações importantes sobre os assuntos em pauta. Habitue-se a explorar essas páginas iniciais para se inteirar dos temas que serão desenvolvidos em cada capítulo.

Capítulo 4 A diversidade das plantas

Nosso dia a dia com as plantas

A importância do assunto

4.1 Origem e evolução das plantas

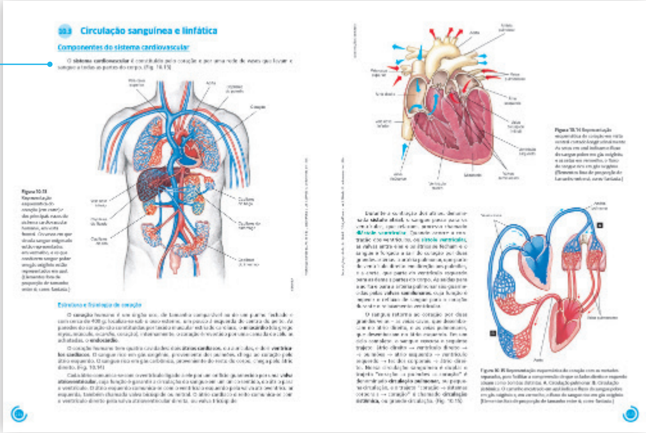
Recados em magenta para o professor

Ao longo do livro e em algumas atividades há alguns recados em magenta, destinados ao docente. O principal objetivo desses recados é sinalizar alguns pontos que merecem maior atenção, trazer sugestões de como conduzir determinada atividade ou de como aproximar o universo dos estudantes ao processo de aprendizagem. Vale ressaltar que orientações mais detalhadas constam do **Suplemento para o professor**.

Apresentação dos capítulos

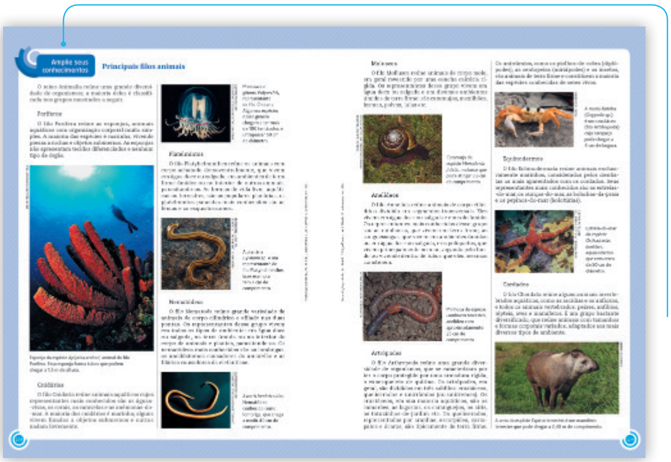
Qual a relação dos assuntos tratados no capítulo com nossa vida?

A *Apresentação* discute justamente as relações entre os conteúdos e questões cotidianas, sociais e de cidadania. Confira os temas de cada capítulo no item *A importância do assunto*.



Textos e imagens

O texto do capítulo é dividido em itens e subitens que organizam os assuntos tratados. Os conceitos mais relevantes estão destacados em verde e outros conceitos importantes estão destacados em preto. As imagens complementam e ilustram o texto. Em seus estudos, explore o “diálogo” entre textos, imagens e legendas explicativas.



Amplie seus conhecimentos

Presente em alguns capítulos, o quadro *Amplie seus conhecimentos* aprofunda alguns temas e apresenta detalhes e curiosidades relativos ao assunto em pauta.

Ciência e cidadania

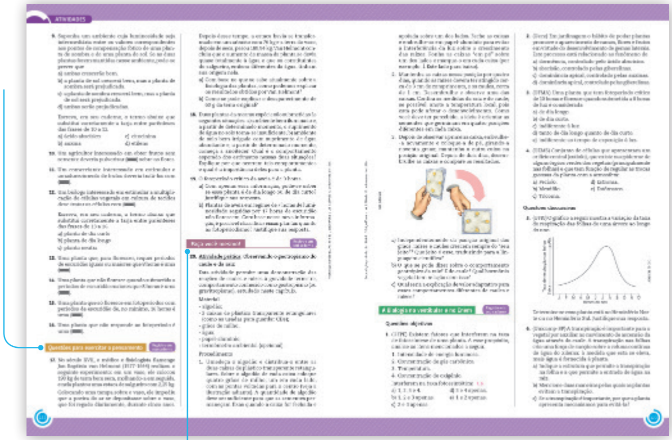
Outro quadro presente em vários capítulos da obra é o *Ciência e cidadania*. Nele, encontram-se assuntos diretamente ligados a questões cotidianas ou de cidadania, destinados a complementar ou a ampliar temas discutidos na *Apresentação* do capítulo. Os parágrafos do texto são numerados em sequência, e um *Guia de leitura* ajuda a explorar o tema central de cada um deles. Habitue-se a responder por escrito, em seu caderno, às sugestões do *Guia*.

Revendo conceitos, fatos e processos

Esse elenco de atividades contém questões de múltipla escolha, nas quais são revistos conceitos fundamentais do capítulo, relacionando-os a diferentes fatos e situações que ampliam seu significado. Não deixe de explorar essas atividades, anotando as respostas em seu caderno.

Questões para exercitar o pensamento

O elenco de atividades denominado *Questões para exercitar o pensamento* traz desafios e orientações para aplicar os conhecimentos aprendidos no capítulo a situações-problema. As diversas sugestões desse bloco demandam respostas que devem ser escritas no caderno. Exercite seu pensamento e aceite os desafios propostos por elas.

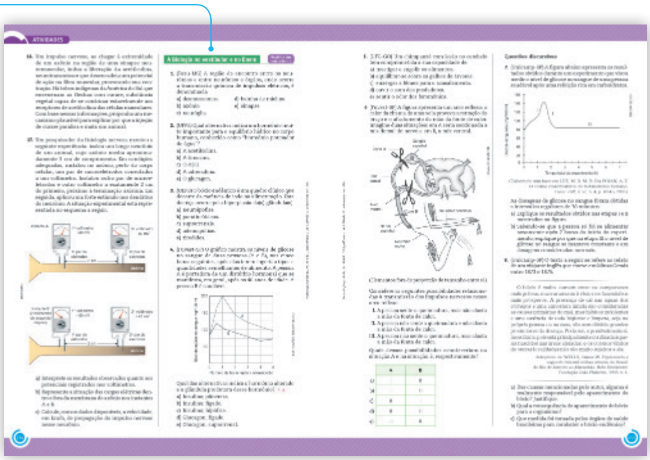


Faça você mesmo!

A maioria dos capítulos do livro traz uma ou mais sugestões de atividade intituladas *Faça você mesmo!*. Elas são um convite para realizar alguns “fazeres”, como experimentos, a produção de murais, de matérias jornalísticas ilustradas ou de infográficos, entre outros. Muitas dessas atividades destinam-se ao trabalho em grupo. Forme sua equipe.

A Biologia no vestibular e no Enem

Essas atividades trazem questões selecionadas de exames de ingresso em universidades de diversos estados brasileiros, além de questões do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) relacionadas aos temas do capítulo.



Sumário

MÓDULO 1 | CLASSIFICAÇÃO BIOLÓGICA E OS SERES MAIS SIMPLES 10

Capítulo 1 Sistemática e classificação biológica 12

Classificação biológica: é para facilitar ou para complicar? 12
A importância do assunto 13
1.1 Fundamentos da classificação biológica 13
  A classificação biológica de Lineu, 13
    Os táxons tradicionais, 14
    A nomenclatura binomial, 14
1.2 A Sistemática moderna 15
  Sistemática e evolucionismo, 15
  Filogenias, 17
    A classificação segundo a cladística, 17
1.3 Quantos reinos existem? 19
  Reinos Bacteria e Archaea, 20
  Reino Protoctista, 21
  Reino Fungi, 21
  Reino Plantae, 21
  Reino Animalia, 21
  Vírus, 21
Atividades 22

Capítulo 2 Vírus e bactérias 25

Transformando antigos inimigos em aliados 25
A importância do assunto 26
2.1 Vírus 26
  Simplicidade e sofisticação, 26
  Características gerais, 26
    A estrutura viral, 27
  Como os vírus se multiplicam, 27
    Ciclo de um vírus bacteriófago, 28
  Vírus e doenças humanas, 28
    Transmissão de doenças virais, 28
    Epidemias, endemias e pandemias, 29
    Tratamento e prevenção de doenças virais, 29
  Ciência e cidadania: Um problema mundial de saúde: gripe, 30
2.2 Bactérias e arqueas 32
  A estrutura da célula bacteriana, 32
  Nutrição das bactérias, 34
  A reprodução das bactérias, 34
    Processos de recombinação gênica em bactérias, 34
  As arqueas, 35
  Ciência e cidadania: A importância das bactérias para a humanidade, 36
Atividades 38

Capítulo 3 Algas, protozoários e fungos 41

Nossas relações com protoctistas e fungos 41
A importância do assunto 42
3.1 Algas 42
  Características gerais, 42
  A diversidade, 43
  Reprodução e ciclo de vida, 46
  A importância econômica, 48
3.2 Protozoários 48
  Características gerais, 48
  A diversidade, 49
  Reprodução e ciclo de vida, 51
  Ciência e cidadania: Protozoários que causam doenças humanas, 52
3.3 Fungos 58
  Características gerais, 58
  A diversidade, 60
  Reprodução e ciclo de vida, 61
  Liquens e micorrizas, 63
  A importância ecológica e econômica, 63
Atividades 64

MÓDULO 2 | O REINO DAS PLANTAS 66

Capítulo 4 A diversidade das plantas 68

Nosso dia a dia com as plantas 68
A importância do assunto 69
4.1 Origem e evolução das plantas 69
  O que caracteriza as plantas, 70
  Origem dos grandes grupos de plantas, 70
4.2 Grandes grupos de plantas atuais 71
  Plantas avasculares: briófitas, 72
    Características gerais, 72
    Reprodução e ciclo de vida, 73
  Plantas vasculares sem sementes: pteridófitas, 74
    Características gerais, 74
    Reprodução e ciclo de vida, 76
  Plantas vasculares com sementes nuas: gimnospermas, 77
    Características gerais, 77
    Reprodução e ciclo de vida, 78
    Polinização e formação da semente, 81
  Plantas vasculares com sementes em frutos: angiospermas, 82
    Características gerais, 82
    Reprodução e ciclo de vida, 82
  Tendências evolutivas no ciclo de vida das plantas, 82
Atividades 83

Capítulo 5 Reprodução e desenvolvimento das angiospermas 85

Manchas solares e anéis de crescimento 85
A importância do assunto 86
5.1 Reprodução das angiospermas 86
  Estrutura e função da flor, 86
  Fecundação e origem da semente, 88
    Formação do grão de pólen, 88
    Formação do óvulo, 88
    Polinização e dupla fecundação, 89
    Desenvolvimento do óvulo fecundado, 90
  Origem e função do fruto, 91
5.2 Desenvolvimento e componentes celulares das plantas 91
  Germinação da semente, 91
  Meristemas, 93

Diferenciação celular e principais tecidos vegetais, 93
Tecidos de revestimento, 94
Parênquimas, 94
Tecidos de sustentação, 95
Tecidos vasculares, 95
5.3 Organização corporal das angiospermas 97
Estrutura da raiz, 97
Estrutura do caule, 99
Crescimento secundário de raiz e caule, 100
Estrutura da folha, 102
Atividades 103

Capítulo 6 **Fisiologia das plantas** **106**

Nossa relação com as plantas 106
A importância do assunto 107
6.1 A nutrição das plantas 107
Nutrição orgânica das plantas: fotossíntese, 107
Fatores que afetam a fotossíntese, 107
Relação entre fotossíntese e respiração, 108
Nutrição inorgânica das plantas: macronutrientes e micronutrientes, 109
Ciência e cidadania: Importância da adubação para a agricultura, 110
6.2 Absorção e condução da seiva mineral 112
Hipótese da coesão-tensão, 112
6.3 A condução da seiva orgânica 114
Amplie seus conhecimentos: A importância da osmose para as plantas, 115
6.4 Hormônios vegetais e controle do desenvolvimento 116
Auxinas, 116
Dominância apical e outros efeitos das auxinas, 117
Giberelinas, 118
Citocininas, 118
Ácido abscísico e etileno, 118
6.5 Fitocromos e desenvolvimento 119
Luz e germinação de sementes, 119
Luz e estiolamento, 120
Luz e floração, 120
Controle de fotoperiodismo pelo fitocromo, 120
Atividades 121

MÓDULO 3 I O REINO DOS ANIMAIS **124**

Capítulo 7 **Tendências evolutivas nos grupos animais** **126**

Enigmas da história da vida animal 126
A importância do assunto 127
7.1 Parentesco evolutivo entre os principais grupos animais 127
Amplie seus conhecimentos: Principais filos animais, 128
Primórdios da diversificação dos animais, 130
Animais diblásticos e animais triblásticos, 130
Animais protostômios e animais deuterostômios, 130
Cavidades corporais e metameria, 131
A explosão cambriana, 132
Estudos genômicos e a evolução dos animais, 133
7.2 Sistemas corporais dos animais 134
Sistemas digestórios, 134
Sistemas respiratórios, 135
Respiração cutânea, 135
Respiração traqueal, 135
Respiração branquial, 136
Respiração pulmonar, 136
Sistemas circulatórios, 137
Amplie seus conhecimentos: Comparação entre sistemas circulatórios de vertebrados, 139
Sistemas excretores, 140
Tipos de sistemas excretores, 140
Atividades 142

Capítulo 8 **Animais invertebrados** **145**

Pequeno passeio gastronômico pelo reino Animal 145
A importância do assunto 146
8.1 Filo Porifera (poríferos ou esponjas) 146
Características gerais, 146
Reprodução e ciclo de vida, 147
8.2 Filo Cnidaria (cnidários) 148
Características gerais, 148
Reprodução e ciclo de vida, 150
8.3 Filo Platyhelminthes (platelmintos) 151
Características gerais dos turbelários, 151
Características gerais dos trematódeos, 152
Ciclo de vida de *Schistosoma mansoni*, 152
Características gerais dos cestoides, 153
Ciclo de vida de *Taenia solium*, 154
Ciência e cidadania: Doenças causadas por vermes platelmintos, 155
8.4 Filo Nematoda (nematódeos) 157
Características gerais, 157
Reprodução e ciclo de vida, 157
Ciclo de vida de *Ascaris lumbricoides*, 158
Ciclo de vida de *Wuchereria bancrofti*, 159
Ciência e cidadania: Doenças provocadas por vermes nematódeos, 160
8.5 Filo Mollusca (moluscos) 161
Características gerais, 161
Reprodução e ciclo de vida, 163
8.6 Filo Annelida (anelídeos) 164
Características gerais, 164
Reprodução e ciclo de vida, 166
8.7 Filo Arthropoda (artrópodes) 168
Características gerais, 168
Crustáceos, 168
Quelicerados, 170
Miriápodes, 171
Hexápodes, 171
8.8 Filo Echinodermata (equinodermos) 173
Características gerais, 173
Reprodução e ciclo de vida, 175
Atividades 176

Capítulo 9 **Cordados** **179**

Luzes sobre a origem dos vertebrados 179
A importância do assunto 180
9.1 Características gerais dos cordados 180
9.2 Protocordados 181
Tunicados, 181
Cefalocordados, 182
9.3 Características gerais dos craniados 183
Reprodução dos craniados, 183
9.4 Peixes 184

- Peixes-bruxa, 184
- Lampreias, 184
- Peixes cartilaginosos (Chondrichthyes), 185
- Peixes ósseos (Osteichthyes), 186

9.5 Tetrápodes (Tetrapoda) 186
- Anfíbios (Amphibia), 187
- Répteis (Reptilia), 188
- Aves, 189
- Mamíferos (Mammalia), 190

Atividades 191

MÓDULO 4 | ANATOMIA E FISIOLOGIA HUMANAS **194**

Capítulo 10 **Nutrição, respiração, circulação e excreção** **196**

O que o brasileiro come? 196

A importância do assunto 197

10.1 Nutrição humana 197
- Alimentação e nutrientes, 197
  - Nutrientes essenciais, 197
  - Vitaminas, água e sais minerais, 198
- **Ciência e cidadania:** Que alimentos precisamos comer para manter a saúde?, 200
- Organização do sistema digestório e a digestão dos alimentos, 202
  - Digestão na boca e deglutição, 202
  - Digestão no estômago, 203
  - Digestão no intestino delgado, 204
  - Funções do intestino grosso, 206
  - Funções do pâncreas e do fígado, 206
- **Ciência e cidadania:** Cuidando do sistema digestório, 207

10.2 Respiração 209
- Organização do sistema respiratório, 209
- Fisiologia da respiração, 211
  - Ventilação pulmonar, 211
  - Hematose, 211
- **Ciência e cidadania:** Cuidando do sistema respiratório, 212

10.3 Circulação sanguínea e linfática 214
- Componentes do sistema cardiovascular, 214
  - Estrutura e fisiologia do coração, 214
  - Vasos sanguíneos, 216
  - O sangue, 218
- Circulação linfática, 218
- Sistema imunitário, 219
  - Principais células do sistema imunitário, 220
- **Amplie seus conhecimentos:** A síndrome da imunodeficiência adquirida: aids, 221
  - O sistema imunitário em ação, 222
  - Imunizações ativa e passiva: vacinas e soros, 223
- **Ciência e cidadania:** Cuidando do sistema cardiovascular, 223

10.4 Sistema urinário humano 225
- Componentes do sistema urinário, 225
  - Filtragem do sangue, formação e destino da urina, 226
  - Controle hormonal da função renal, 228

Atividades 229

Capítulo 11 **Integração e controle corporal** **233**

Década do cérebro: o fim de um começo 233

A importância do assunto 234

11.1 Sistema nervoso 234
- O tecido nervoso, 235
  - **Amplie seus conhecimentos:** Como se propagam os impulsos nervosos, 236
- Sistema nervoso central, 237
  - Encéfalo, 237
  - Medula espinal, 238
- Sistema nervoso periférico, 239
  - Respostas reflexas medulares, 240
  - Divisão funcional do sistema nervoso periférico, 240
- **Ciência e cidadania:** Cuidados com a saúde do sistema nervoso, 242

11.2 Os sentidos 244
- Paladar e olfato, 244
- Audição e equilíbrio, 245
  - Como percebemos os sons, 245
  - O sentido de equilíbrio, 246
- Visão, 246
- Tato, 248

11.3 Sistema endócrino 248
- Principais glândulas endócrinas humanas, 248
  - Hipófise, 249
  - Glândula tireóidea, 249
  - Glândulas paratireóideas, 250
  - Pâncreas, 251
  - Glândulas suprarrenais, 252
  - Gônadas, 252

Atividades 253

Capítulo 12 **Revestimento, suporte e movimento do corpo humano** **256**

A importância do trabalho em equipe 256

A importância do assunto 257

12.1 Estrutura e funções da pele humana 257
- Epiderme, 257
  - Anexos da pele, 258
- Derme, 259
- Funções da pele humana, 259

12.2 Sistema esquelético humano 260
- Componentes do esqueleto, 260
  - Tecido ósseo, 260
  - Tecido cartilaginoso, 261
  - Tendões e ligamentos, 261
- O esqueleto humano, 261
  - Esqueleto axial, 263
  - Esqueleto apendicular, 264

12.3 Sistema muscular humano 266
- Tecidos musculares, 266
  - Tecido muscular não estriado, 266
  - Tecido muscular estriado cardíaco, 267
  - Tecido muscular estriado esquelético, 267
- Músculos esqueléticos em ação, 269
  - Contração das miofibrilas, 269
  - Músculos e movimentação corporal, 270
- **Ciência e cidadania:** Músculos e exercício físico, 271

Atividades 273

Lista de siglas 276

Bibliografia 277

Sugestões de livros, *sites* e vídeos 278

MÓDULO 1

Classificação biológica e os seres mais simples

GARY BRAASCH/CORBIS/LATINSTOCK

Conheça os capítulos deste módulo

Quase dois milhões de espécies biológicas catalogadas. Milhares de novas espécies descobertas a cada ano. Como conhecer e organizar tamanha diversidade? No capítulo inicial deste módulo, veremos como a Sistemática moderna classifica os organismos de acordo com suas relações de parentesco evolutivo. O desafio dessa empreitada faz com que esse ramo da Biologia seja um dos mais dinâmicos da atualidade. Nos dois capítulos seguintes, começaremos o estudo sistemático dos seres vivos, desde aqueles considerados mais simples até os mais complexos.

Capítulo 1

A classificação dos seres vivos é um dos temas de Biologia que mais desafiam estudantes e professores do ensino médio. A classificação tradicional, inaugurada por Lineu no século XVIII, vem sendo abalada pelas novas técnicas de estudo e pelas novas ideias sobre como e por que classificar. Acompanhe no capítulo as novas tendências e as polêmicas que envolvem a classificação dos seres vivos.

Capítulo 2

Embora sejam muito pequenos, vírus e bactérias estão longe de ser insignificantes, haja vista sua capacidade de causar epidemias devastadoras e a importância da atividade bacteriana para a vida na Terra. Conhecer os principais aspectos dos microrganismos é importante porque permite utilizá-los em nosso benefício, além de nos ajudar a prevenir as doenças que eles causam. Descubra, nesse capítulo, quem são os vírus e as bactérias e os benefícios e prejuízos que eles podem nos causar.

Capítulo 3

Algas, protozoários e fungos têm muito mais importância em nossa vida do que imaginamos. Nesse capítulo, estudaremos as características básicas desses organismos e suas relações com outros seres, inclusive com nossa espécie. A classificação desses grupos passa atualmente por muitas redefinições, diante das novas técnicas de estudo. Acompanhe, no capítulo, essas e outras questões e saiba mais sobre a importância de algas, fungos e protozoários para os seres humanos.

Pequena amostra da variedade dos coleópteros, ordem de insetos cujos representantes são popularmente conhecidos como besouros. Para se ter uma ideia da diversidade de espécies desse grupo, basta pensar que, de cada quatro espécies de animais, uma é de coleóptero. (Coleção pertencente ao Instituto Nacional de Biodiversidade, Costa Rica.)

Capítulo 1

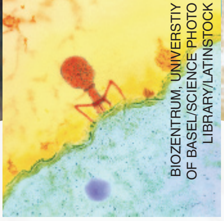
CHRIS HELLIER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Sistemática e classificação biológica

Itens principais:

- Fundamentos da classificação biológica
- A Sistemática moderna
- Quantos reinos existem?

Capítulo 2



BIOZENTRUM, UNIVERSTIY OF BASEL/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Vírus e bactérias

Itens principais:

- Vírus
- Bactérias e arqueas

Capítulo 3

FABIO COLOMBINI

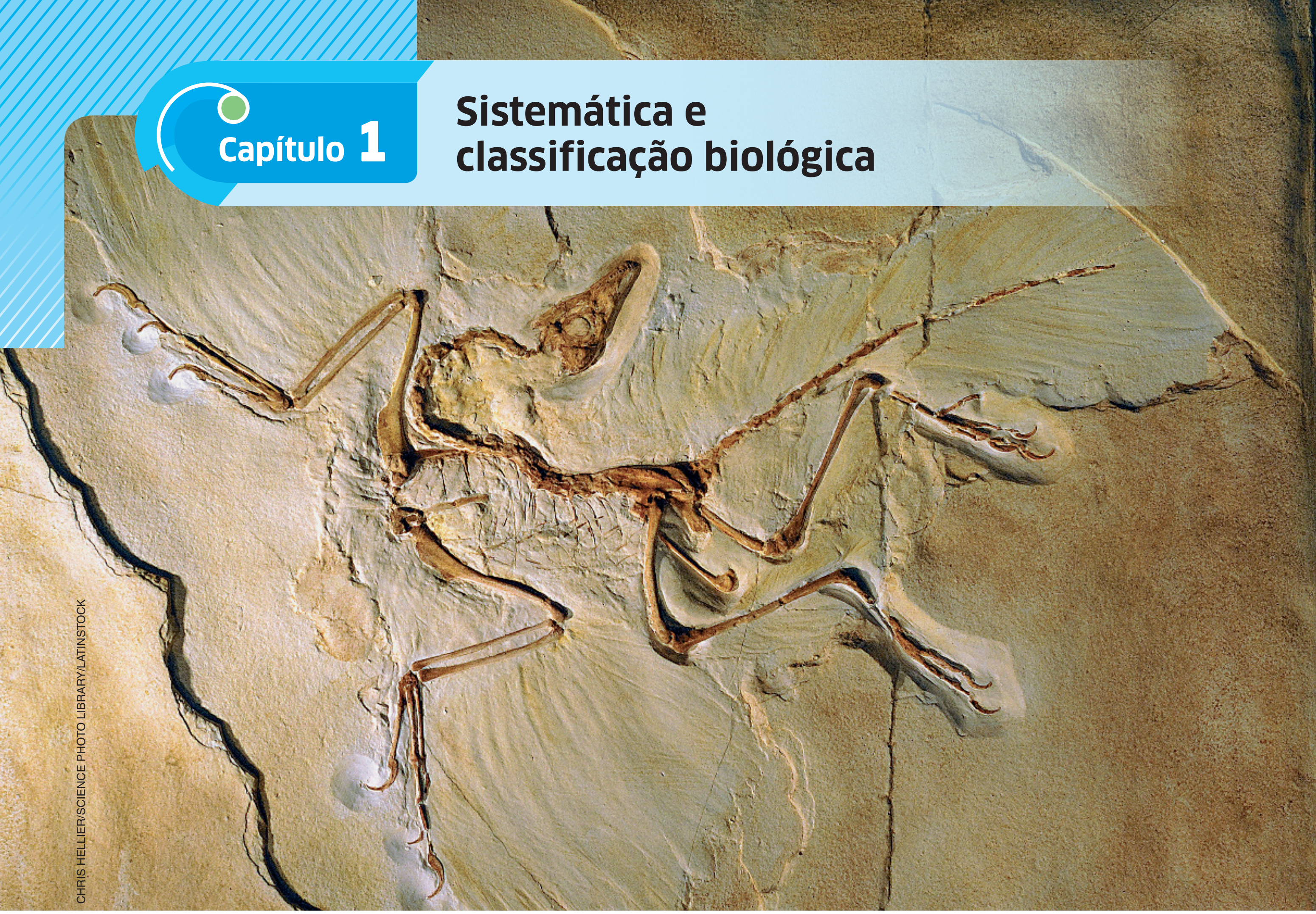
Algas, protozoários e fungos

Itens principais:

- Algas
- Protozoários
- Fungos

Capítulo 1

Sistemática e classificação biológica


CHRIS HELLIER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Fóssil de *Archaeopteryx*, animal do tamanho de uma galinha e que viveu há cerca de 150 milhões de anos. É apontado como uma das primeiras espécies de aves, pois apresenta características típicas tanto desse grupo quanto de dinossauros.

Classificação biológica: é para facilitar ou para complicar?

Quase dois milhões de espécies biológicas já foram catalogadas e milhares de novas espécies são descobertas a cada ano. Segundo alguns estudiosos, o número de espécies de seres vivos na natureza pode chegar perto dos 30 milhões! Como organizar e compreender tamanha variedade?

A questão da diversidade da vida já ocupava o pensamento do sábio grego Aristóteles, no século IV a.C., levando-o a elaborar um dos primeiros sistemas de classificação biológica, que ainda influencia a classificação atual.

No século XVIII, o naturalista sueco Lineu assumiu o desafio de desenvolver um sistema de classificação que fosse capaz de organizar claramente o grande número de espécies então descobertas, principalmente nas viagens às terras recém-conquistadas pelos europeus. Na visão de Lineu, que era criacionista, um sistema de classificação adequado ajudaria a entender melhor o plano e as intenções do Criador ao conceber o Universo e os seres vivos.

Em meados do século XIX, o naturalista inglês Charles Darwin publicou sua teoria evolucionista, segundo a qual todos os seres vivos atuais descendem dos primeiros organismos que surgiram na Terra bilhões de anos atrás. Para Darwin, a vida teria surgido uma única vez e se diversificado ao longo do tempo, como os ramos de uma grande árvore; essa diversificação teria levado à enorme variedade de seres atuais. De acordo com a teoria evolucionista, a diversidade de seres vivos é decorrente da evolução biológica, processo que atua incessantemente desde a origem da vida até os dias de hoje. Ao longo do século XX, a teoria darwinista foi ampliada e consolidada e atualmente é aceita pela maioria dos biólogos.

Com a aceitação da teoria evolucionista, os estudiosos entenderam que a classificação moderna deveria levar em conta as relações de parentesco evolutivo entre as espécies, já que as espécies atuais se originaram de outras mais antigas por meio da diversificação. O grande desafio da classificação, portanto, seria estabelecer as relações de origem evolutiva entre os grupos de seres vivos; para um grupo taxonômico ser válido, na nova classificação, ele deve reunir apenas organismos que tiveram um ancestral comum.

A importância do assunto

A classificação dos seres vivos é um dos temas do ensino médio que mais desafiam estudantes e professores de Biologia. Se a leitura do texto anterior levou você a ter mais dúvidas do que certezas, não se preocupe. São as dúvidas que nos estimulam a buscar respostas, e esse processo é o motor da produção de conhecimento.

A classificação tradicional, cujas bases foram estabelecidas por Lineu no século XVIII, vem sendo abalada por novas técnicas de estudo e por novas ideias sobre como e por que classificar.

As novas tendências da classificação passam a impressão inicial de complicar em vez de facilitar. Para entendê-la, temos que saber como a classificação biológica tem se desenvolvido e quais as novas tendências no assunto. Esses são os desafios que queremos compartilhar com você neste capítulo.

1.1 Fundamentos da classificação biológica

Nos três últimos séculos, naturalistas e cientistas vêm se empenhando em desenvolver um sistema eficiente para organizar e compreender a grande diversidade das formas de vida. Esse sistema é a **classificação biológica**, ou **taxonomia**, que distribui os seres vivos em agrupamentos genericamente denominados **táxons**, tendo como base as semelhanças existentes entre eles.

Os agrupamentos taxonômicos são idealizados pelos cientistas em hierarquias, o que significa que há grupos mais abrangentes contendo grupos mais específicos. Por exemplo, um dos táxons mais abrangentes da taxonomia tradicional, o **reino**, é constituído por táxons menores, os **filos**. No reino que reúne os animais, o reino Animalia, estão incluídos atualmente 35 filos, dos quais nove são os mais conhecidos dos estudiosos não especialistas, que é o nosso caso.

Os filos, por sua vez, são também subdivididos em táxons menores, as classes, e assim por diante até espécies, como veremos a seguir.

A classificação biológica de Lineu

Os princípios da classificação biológica moderna foram lançados pelo naturalista sueco Carl von Linné (1707-1778), também conhecido por Carolus Linnaeus, forma latinizada de seu nome (Lineu, em português). As ideias de Lineu sobre classificação foram inicialmente publicadas nas primeiras edições de sua obra *Species plantarum*, de 1753, e na décima edição do livro *Systema naturae*, de 1766. (Fig. 1.1)

Lineu, como seus antecessores, classificou os seres vivos de acordo com as características semelhantes que apresentavam. Sua grande inovação foi a escolha criteriosa das características levadas em conta na classificação.

Na opinião de Lineu, certos critérios utilizados em sistemas de classificação anteriores eram inadequados. Para ele, o hábitat dos organismos, muito empregado pelos antigos gregos na classificação, não deveria ser usado como critério taxonômico, pois levaria a reunir, na mesma categoria, seres tão distintos como peixes, baleias, estrelas-do-mar, camarões e ostras. Lineu concluiu que as características mais adequadas para agrupar os seres vivos eram as estruturais e anatômicas; por isso, ele as elegeu como principal critério de seu sistema de classificação.

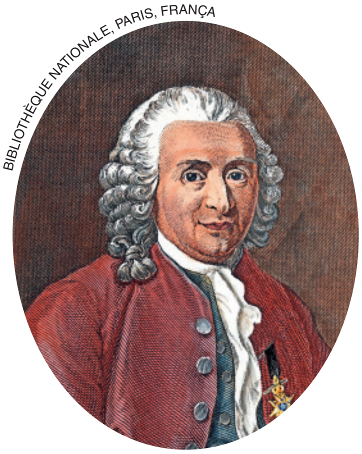

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE, PARIS, FRANÇA

Figura 1.1 Retrato do botânico sueco Lineu, que lançou as bases da classificação e da nomenclatura biológicas.

Os táxons tradicionais

Para Lineu, o táxon mais restrito da classificação era a **espécie**, definida por ele como um grupo de indivíduos dotados de características estruturais típicas, ausentes em outros agrupamentos. Espécies que apresentavam semelhanças relevantes eram reunidas em um táxon mais abrangente, o **gênero**. Por exemplo, todas as espécies de animais com as características semelhantes aos cães (lobos, coiotes, chacais etc.) eram reunidas no gênero *Canis*.

Seguindo a linha de estabelecer táxons cada vez mais abrangentes, Lineu reuniu gêneros semelhantes em uma categoria maior, a **ordem**; ordens semelhantes eram reunidas em uma **classe**; classes semelhantes, em um **reino**. Posteriormente, seguidores do naturalista sueco criaram outros táxons, como o **filo**[1], entre o reino e a classe, a **família**, entre a ordem e o gênero, e a **tribo**, entre a família e o gênero. Também foram criadas subdivisões dessas categorias taxonômicas principais, indicadas pelos prefixos super, sub e infra. (Fig. 1.2)

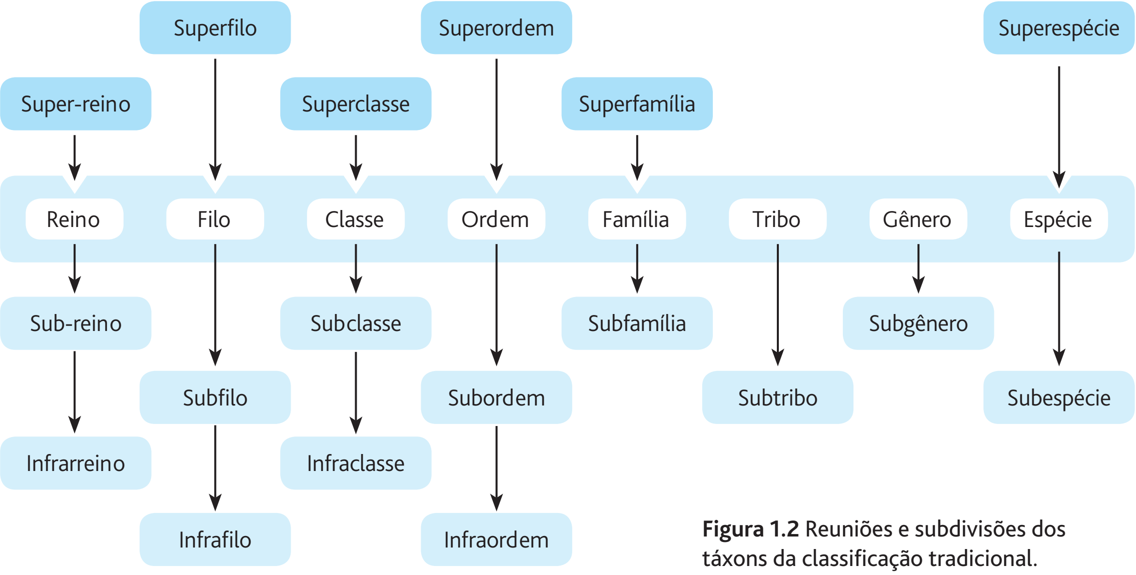


Figura 1.2 Reuniões e subdivisões dos táxons da classificação tradicional.

A nomenclatura binomial

Um dos méritos de Lineu foi associar à classificação biológica um sistema eficiente de nomenclatura. Ele sugeriu que o nome científico de todo ser vivo fosse composto de duas palavras, a primeira referente ao **epíteto genérico**, e a segunda, ao **epíteto específico**. O termo "epíteto" vem do grego e significa um substantivo ou um adjetivo que denomina pessoas, divindades, seres vivos ou objetos, qualificando-os. Por atribuir dois epítetos para denominar cada espécie, o sistema criado por Lineu ficou conhecido como **nomenclatura binomial**, sendo utilizado até hoje.

Uma das regras da nomenclatura binomial lineana é que os nomes científicos sejam sempre escritos em latim ou em uma forma latinizada. A primeira letra do epíteto genérico deve ser sempre maiúscula, e a do epíteto específico, sempre minúscula. Além disso, o nome científico deve ser destacado no texto em que aparece, seja em *itálico* ou grifado. Confira esses critérios nos nomes científicos que aparecem no livro.

Na nomenclatura binomial, o epíteto genérico é sempre um substantivo, e o epíteto específico é geralmente um adjetivo, que qualifica o genérico. Por isso, de acordo com as regras nomenclaturais, podemos escrever o nome genérico sozinho, desde que seguido de uma abreviatura padronizada. Por exemplo, para nos referir a um animal do gênero *Canis* sem especificar se é lobo, cão, chacal, coiote etc., apenas acrescentamos após o nome do gênero a abreviatura "sp.", que significa "espécie inespecífica". Veja na frase: "Sem dúvida, trata-se de um *Canis* sp.". Para nos referirmos simultaneamente a várias espécies do gênero *Canis*, acrescentamos após o nome do gênero a abreviatura "spp.", que significa "duas ou mais espécies". Veja na frase: "Os *Canis* spp. possuem dieta essencialmente carnívora".

Ao contrário do gênero, o epíteto específico não pode ser escrito sozinho. Por exemplo, o nome científico da mosca comum é *Musca domestica*; entretanto, escrever *domestica* isoladamente não identifica essa mosca, pois existem (ou podem existir), em outros gêneros, espécies com esse

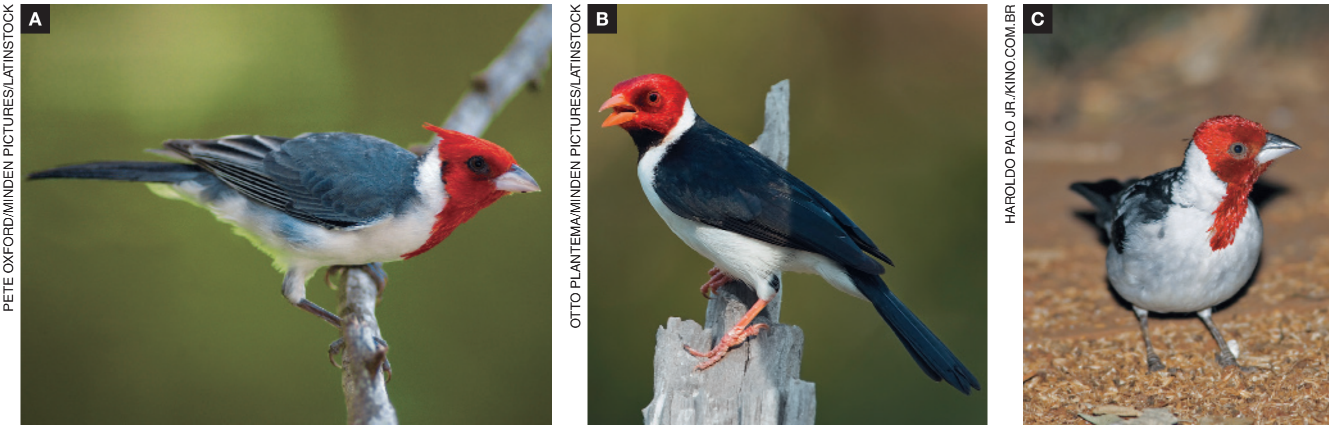
---

[1] Algumas classificações botânicas mais antigas utilizam o termo divisão em vez de filo.

mesmo epíteto específico. Entre outras espécies que compartilham o epíteto específico *domestica*, podemos citar: *Curcuma domestica* (cúrcuma), uma planta da qual se extrai um corante utilizado em culinária; *Nandina domestica*, um tipo de bambu; e *Monodelphis domestica*, um pequeno mamífero marsupial encontrado em florestas da América do Sul.

Ao ser utilizado pela primeira vez em um texto, o nome científico deve ser escrito por extenso; nas demais vezes em que é citado, pode-se abreviar a parte genérica. Por exemplo, depois de inserir o nome científico *Canis lupus* uma primeira vez em um texto, podemos passar a escrevê-lo simplesmente *C. lupus*.

Você pode estar se perguntando por que a nomenclatura científica é tão rigorosa. A ideia é que regras bem estabelecidas e aceitas por todos facilitam a comunicação entre os cientistas e mesmo entre os não cientistas. Os nomes populares dos seres vivos variam nos diversos idiomas e até em diferentes regiões de um mesmo país, ao passo que o nome científico é um só: ele designa apenas uma espécie catalogada e descrita detalhadamente pelos taxonomistas, o que evita confusões. Veja um exemplo disso abaixo. (Fig. 1.3)



PETE OXFORD/MINDEN PICTURES/LATINSTOCK

OTTO PLANTEMA/MINDEN PICTURES/LATINSTOCK

HAROLDO PALO JR./KINO.COM.BR

Figura 1.3 A. Pássaro da espécie *Paroaria coronata*, que recebe os nomes populares de cardeal na Região Sul e galo-da-campina na região do Pantanal Mato-Grossense. **B.** Pássaro da espécie *Paroaria capitata*, conhecido popularmente como cardeal no Pantanal Mato-Grossense. **C.** Pássaro da espécie *Paroaria dominicana*, que recebe o nome popular de galo-da-campina na Região Nordeste. Esses pássaros medem cerca de 17 centímetros.

1.2 A Sistemática moderna

A classificação biológica faz parte da **Sistemática**, o ramo da Biologia que estuda comparativamente todos os apectos da **biodiversidade** ou **diversidade biológica**. Esse conceito se refere a todos os tipos de variações existentes entre os seres vivos nos diferentes níveis de organização biológica, desde o nível molecular até os ecossistemas.

Os principais objetivos da Sistemática são:

a) compreender os processos responsáveis pela existência da diversidade biológica (esse também é um objetivo do ramo da Biologia conhecido como Evolução);

b) estabelecer critérios para organizar a biodiversidade ou diversidade biológica;

c) catalogar a diversidade biológica, desenvolvendo descrições completas e guias de identificação das características típicas de cada espécie, além de atribuir a ela um nome científico.

Sistemática e evolucionismo

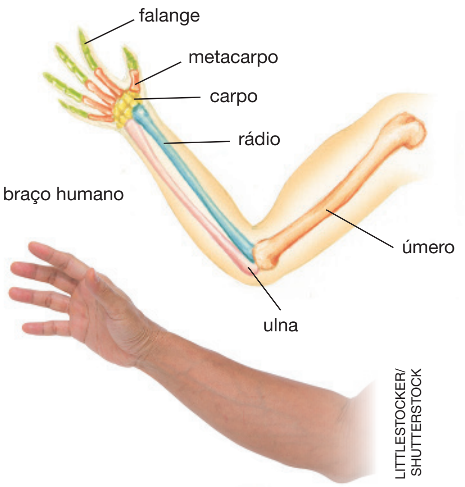
A tendência atual da Sistemática é organizar os táxons com base nas relações de parentesco evolutivo entre os organismos. Segundo o evolucionismo, todas as formas de vida são parentes em algum grau, pois necessariamente tiveram ancestrais comuns.

Um dos grandes desafios da Sistemática é escolher características morfológicas, funcionais ou mesmo moleculares que sejam relevantes para classificar os organismos – isto é, que reflitam seu parentesco evolutivo.

É de se esperar que espécies que hoje compartilham aspectos semelhantes provavelmente os herdaram de um ancestral comum que viveu no passado. Essas características herdadas da ancestralidade em comum são chamadas **homologias evolutivas**. A procura por homologias entre os diferentes grupos de organismos é a base para determinar seu grau de parentesco evolutivo – quanto maior o número de homologias entre duas espécies, mais próximas evolutivamente elas são. Esse é um dos primeiros desafios dos sistematas em sua árdua tarefa de classificar os seres vivos.

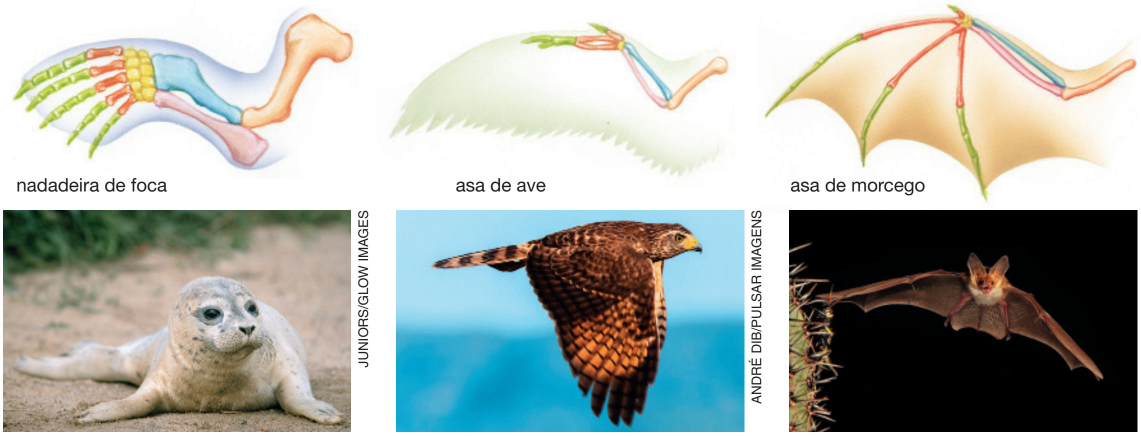
No plano morfológico, as homologias podem ser identificadas nos chamados **órgãos homólogos**, estruturas corporais que se desenvolvem de modo semelhante em embriões de diferentes espécies que tiveram ancestralidade comum. Apesar de apresentar a mesma origem embrionária, os órgãos homólogos podem se desenvolver em estruturas bastante distintas, como é o caso dos esqueletos das asas das aves, adaptadas ao voo, e das nadadeiras peitorais dos golfinhos, adaptadas à natação.

As diferentes funções desempenhadas por órgãos homólogos são explicadas pela diversificação das espécies ao longo da evolução. Essa diversificação, denominada **divergência evolutiva**, é resultante da adaptação de cada espécie a modos de vida diferentes. (Fig. 1.4)



LITTLESTOCKER/SHUTTERSTOCK

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO



JUNIORS/GLOW IMAGES

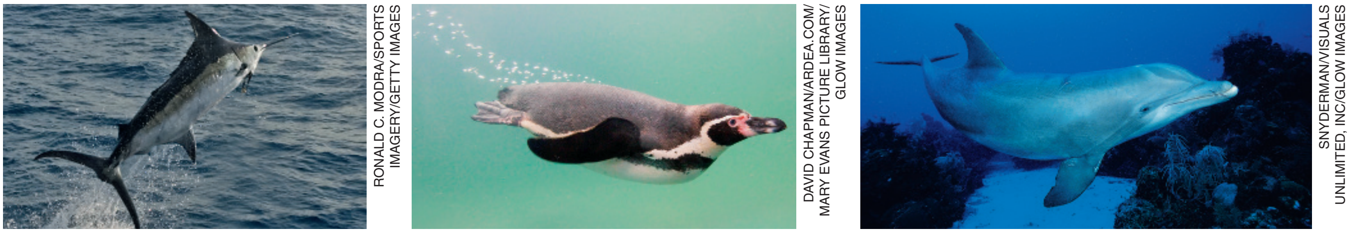
ANDRÉ DIB/PULSAR IMAGENS

MILCHANOWSKI/VISUALS UNLIMITED, INC/GLOW IMAGES

Figura 1.4 As imagens ajudam a compreender as homologias evolutivas. O braço humano, a nadadeira de uma foca e as asas de aves e de morcegos, que têm origens embrionárias semelhantes, são estruturas homólogas. Isso se revela na semelhança dos ossos, como pode ser visto pela correspondência de cores nos desenhos. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) Nos animais adultos, esses órgãos têm funções distintas, decorrentes da adaptação a diferentes modos de vida.

Nem sempre a presença de estruturas semelhantes em espécies distintas significa ancestralidade comum. Características parecidas podem evoluir de maneira independente em diferentes linhagens de seres vivos, constituindo adaptações a modos de vida semelhantes. Esse fenômeno é denominado **convergência evolutiva**. Por exemplo, asas são estruturas adaptadas ao voo e apresentam superfície ampla, que possibilita sustentação no ar. Esse princípio estrutural está presente tanto nas asas de insetos quanto nas das aves, embora tenha origens embrionárias totalmente distintas nessas espécies. As asas de um inseto derivam embrionariamente da parte externa do corpo, mais precisamente do ectoderma, ao passo que as asas das aves possuem ossos, músculos e derme derivados do mesoderma embrionário, além da epiderme, que provém do ectoderma. Semelhanças desse tipo são chamadas **analogias evolutivas**.

Outros exemplos de convergência evolutiva podem ser encontrados em um marlim-azul (peixe), um pinguim (ave) e um golfinho (mamífero). Esses animais vivem no ambiente aquático e possuem corpos afilados e hidrodinâmicos, adaptados ao deslocamento em meio líquido. Essa característica é uma analogia evolutiva. Embora as analogias não sejam utilizadas na determinação de parentesco evolutivo, seu estudo é importante porque revela a adaptação dos seres vivos aos diferentes ambientes. (Fig. 1.5)


RONALD C. MODRA/SPORTS IMAGERY/GETTY IMAGES

DAVID CHAPMAN/ARDEA.COM/ MARY EVANS PICTURE LIBRARY/ GLOW IMAGES

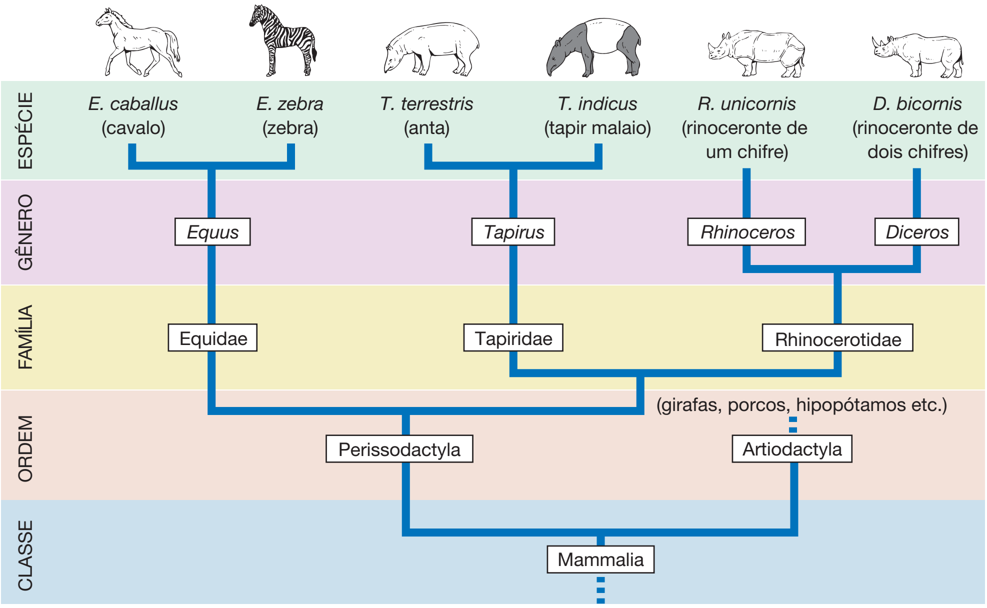
SNYDERMAN/VISUALS UNLIMITED, INC/GLOW IMAGES

Figura 1.5 Da esquerda para a direita, fotografias de um marlim-azul (*Maikara nigricans*, que pode atingir 4,5 m de comprimento), um pinguim (*Spheniscus humboldti*, que pode atingir 70 cm de comprimento) e um golfinho (*Tursiops truncatus*, que pode atingir 3,5 m de comprimento), animais dotados de corpos hidrodinâmicos adaptados à natação, constituindo um exemplo de convergência evolutiva.

Filogenias

Em seu livro *A origem das espécies*, de 1859, Darwin observou que seus diagramas representando as relações de parentesco evolutivo entre espécies se assemelhavam a genealogias (árvores genealógicas), diagramas que expressam as relações de parentesco em uma família. Por analogia, Darwin denominou os diagramas como **filogenias** (do grego *phylon*, grupo, e *genesis*, origem) ou **árvores filogenéticas**.

Em uma árvore filogenética, a divisão de um ramo em dois indica que uma espécie ancestral deu origem a duas novas espécies, ou seja, que ocorreu **especiação**. Cada espécie atual representa a extremidade de um ramo da árvore filogenética; se "descermos" por um ramo dessa árvore, encontraremos o ponto em que ele se une ao ramo vizinho – um "nó", que indica o ancestral mais recente que duas espécies têm em comum. (Fig. 1.6)


ESPÉCIE
GÊNERO
FAMÍLIA
ORDEM
CLASSE
E. caballus (cavalo)
E. zebra (zebra)
T. terrestris (anta)
T. indicus (tapir malaio)
R. unicornis (rinoceronte de um chifre)
D. bicornis (rinoceronte de dois chifres)
Equus
Tapirus
Rhinoceros
Diceros
Equidae
Tapiridae
Rhinocerotidae
(girafas, porcos, hipopótamos etc.)
Perissodactyla
Artiodactyla
Mammalia

ADILSON SECCO

Figura 1.6 Relações de parentesco e classificação de alguns animais da ordem Perissodactyla, uma das muitas ordens incluídas na classe dos mamíferos (Mammalia). (Elementos fora de proporção de tamanho entre si.) (Dados taxonômicos elaborados com base em *Tree of life*. Disponíveis em: <http://tolweb.org/Eutheria/15997>. Acesso em: fev. 2016.)

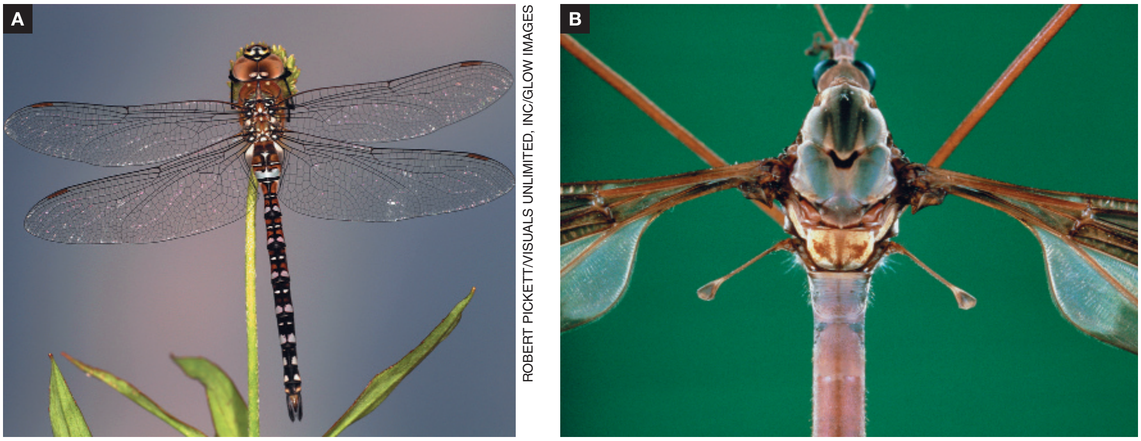
A classificação segundo a cladística

No começo dos anos 1950, o entomologista alemão Willi Hennig (1913-1976) desenvolveu um método de classificação das espécies baseado exclusivamente na ancestralidade evolutiva. Ele deu a essa classificação o nome de Sistemática Filogenética, que mais tarde passou a ser conhecida como **cladística**. Em lugar das categorias tradicionais, os sistematas cladistas propõem o uso do termo **clado**, ou **clade**, para designar um grupo de espécies constituído por uma espécie ancestral e todos os seus descendentes.

A proposta básica da cladística é que, se surgiu uma "novidade evolutiva" e ela passou no teste da adaptação, fixando-se em uma espécie, todas as espécies que dela surgirem no curso da evolução herdarão e compartilharão a nova característica. Essa característica, compartilhada por dois ou mais táxons e por seu ancestral comum mais recente, é denominada **sinapomorfia** pelos biólogos cladistas.

Vejamos um exemplo. A maioria dos insetos tem dois pares de asas, mas há espécies com apenas um par, como moscas e mosquitos. Essas espécies de inseto formam o grupo dos dípteros (do grego *di*, duas, e *pteron*, asa). No lugar do segundo par de asas há um par de estruturas em forma de clava, denominadas halteres ou balancins, que funcionam como órgãos de equilíbrio para o voo. Existem evidências de que o par de halteres dos dípteros é uma condição modificada do segundo par de asas, presente em quase todos os outros insetos.

Segundo a cladística, os halteres são a novidade evolutiva que surgiu na espécie ancestral de todos os dípteros. A partir daí, todas as espécies derivadas daquele ancestral compartilham essa sinapomorfia, constituindo o clado dos dípteros. (Fig. 1.7)



ROBERT PICKETT/VISUALS UNLIMITED, INC/GLOW IMAGES

CLAUDE NURIDSANY & MARIE PERENNOU/
SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Figura 1.7 A. Libélula da espécie *Gomphus vulgatissimus*, que mede mais ou menos 5 cm de comprimento, apresenta dois pares de asas, como a maioria dos insetos. **B.** Parte anterior do corpo de díptero da família Tipulidae, mostrando parte do primeiro par de asas e os halteres, resultantes da transformação do segundo par de asas. Os representantes dessa família têm comprimento variando entre 2 e 6 cm.

De acordo com a cladística, devem ser incluídas no mesmo grupo taxonômico apenas as espécies que compartilham um ancestral comum e exclusivo. Esses grupos são denominados **monofiléticos**. No exemplo que acabamos de ver, todos os insetos dotados de um só par de asas compartilham uma história evolutiva comum, ou seja, descendem da espécie ancestral em que surgiram os halteres. Essa é uma das características que justificam a inclusão de todos os dípteros em um mesmo clado, no caso, a ordem Diptera.

Para os cladistas, muitos grupos da classificação tradicional devem ser revistos, pois não atendem ao critério de possuir um ancestral comum exclusivo. Quando um grupo taxonômico reúne espécies com diferentes ancestralidades, diz-se que ele é polifilético.

A cladística representa as hipóteses de parentesco evolutivo por meio de **cladogramas**, esquemas gráficos semelhantes às árvores filogenéticas, porém construídos segundo os princípios dessa sistemática. Um desses princípios é que novas espécies sempre surgem por cladogênese, processo em que duas espécies se originam de uma espécie ancestral. Cada nó do cladograma representa, portanto, o processo de cladogênese que originou os dois novos ramos. (Fig. 1.8)

Figura 1.8 No artrópode ancestral, os apêndices articulados surgiram como uma novidade evolutiva. A característica compartilhada "apêndices articulados" é a sinapomorfia que une os Mandibulata e os Chelicerata no táxon monofilético Arthropoda. O ancestral dos Mandibulata, por sua vez, desenvolveu a mandíbula. Essa característica compartilhada entre Crustacea e Hexapoda – a mandíbula – é a sinapomorfia que os une no táxon monofilético Mandibulata.

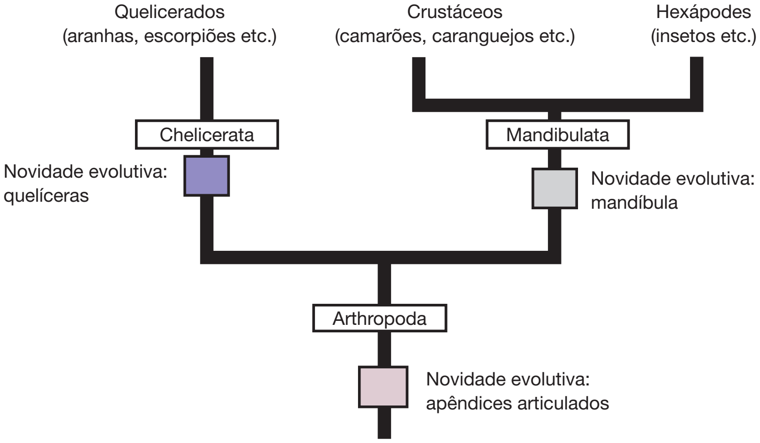
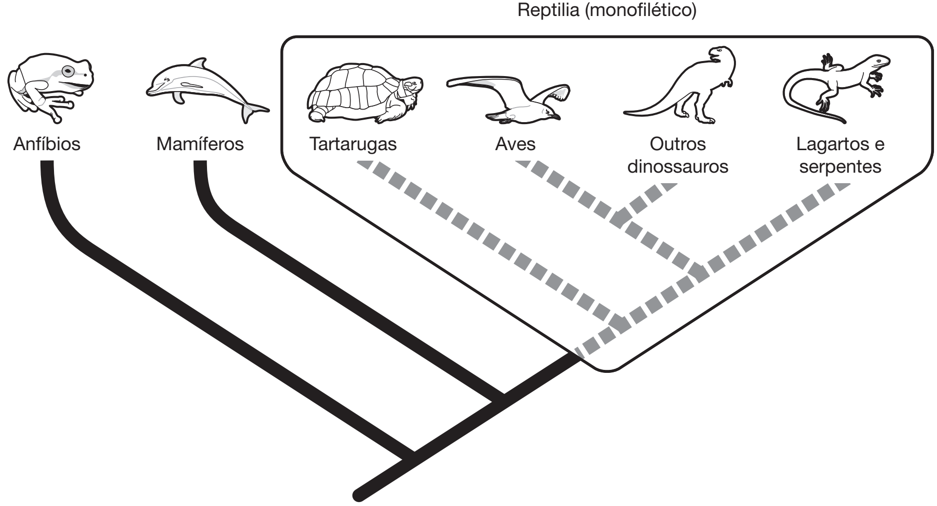


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

A aplicação da cladística à classificação biológica vem trazendo mudanças significativas nas árvores filogenéticas construídas pelos métodos tradicionais. Por exemplo, para a classificação tradicional, mamíferos, aves e répteis formam três classes distintas. Já para a cladística, as aves apresentam as mesmas sinapomorfias que os répteis e deveriam, portanto, ser classificadas no mesmo grupo que eles. A presença de penas, que atualmente está restrita às aves, não é uma característica exclusiva delas, pois ocorria em grupos primitivos extintos com características típicas de répteis. (Fig. 1.9)

A discussão sobre a aplicação da cladística na classificação biológica e as mudanças recentes nas árvores filogenéticas tradicionais dos seres vivos pode gerar polêmicas, que acrescentam um aspecto motivador ao aprendizado. Comente que essas discussões evidenciam que a ciência é construída de forma coletiva, com a constante inclusão de conhecimentos.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 1.9 Hipótese cladística que reúne aves e répteis em um mesmo táxon, o qual também inclui os dinossauros e outros répteis já extintos. O táxon Reptilia é monofilético e equivalente aos táxons Amphibia (anfíbios) e Mammalia (mamíferos). Segundo os cladistas, grupos monofiléticos têm valor taxonômico mais relevante que grupos polifiléticos porque refletem mais fielmente a evolução da vida. A análise do cladograma permite concluir qual grupo de répteis é o mais antigo? Por quê?

Mostre aos alunos que é possível determinar o grupo mais antigo nesse cladograma analisando o nó mais antigo, que representa o ancestral de todos os répteis. Do nó, partem dois ramos: um deles correponde às tartarugas e o outro corresponde ao ancestral comum de aves, outros dinossauros, lagartos e serpentes. Dessa forma, é possível dizer que as tartarugas foram as primeiras a se diversificar do grupo e constituem, portanto, o grupo mais antigo.

Os cladistas discutem se as categorias taxonômicas da classificação tradicional não deveriam ser abandonadas, uma vez que não há correspondência evolutiva entre os táxons, quando se consideram diferentes grupos de seres vivos. Para os estudiosos de mamíferos, por exemplo, o táxon família não segue os mesmos critérios adotados por estudiosos de insetos.

Permita que os alunos sugiram outros meios para aprender/complementar o conteúdo que será apresentado nas próximas páginas. De acordo com as sugestões dadas (visita a museus ou espaços abertos para observar as diferentes formas de vida, pesquisa na internet, entrevista com outros professores/pessoas etc.), analise com a coordenação da escola, se necessário, se há condições de viabilizar as eventuais propostas. Essa é uma maneira de eles perceberem sua participação efetiva também no processo de ensino-aprendizagem.

1.3 Quantos reinos existem?

Lineu, assim como outros naturalistas que o precederam, classificava os seres vivos em dois grandes reinos: Animal e Vegetal. Animais eram organismos dotados de mobilidade, heterotróficos, isto é, que se alimentavam de outros seres vivos e com crescimento até determinado tamanho, típico de cada espécie. O reino das plantas incluía todos os seres vivos sem mobilidade própria, autótrofos, isto é, capazes de produzir seu próprio alimento e que podiam crescer indefinidamente.

Com base nesses critérios, organismos unicelulares que se movem ativamente, como os protozoários, eram considerados animais, enquanto algas, fungos e bactérias eram classificados como plantas. Além da aparente ausência de mobilidade, outro critério para incluir bactérias e fungos no reino das plantas era a presença da parede celular.

No século XIX, o naturalista alemão Ernst Haeckel propôs a criação de um terceiro reino – Protista – para abrigar os organismos que não se enquadravam nas definições de animal e vegetal. O desenvolvimento da Biologia, na primeira metade do século XX, revelou a necessidade de separar os seres vivos em novos reinos. Em 1937, o biólogo francês Edouard Chatton (1883-1947) chamou a atenção para o fato de as bactérias apresentarem células procarióticas, sem núcleo nem organelas membranosas, diferentemente de todos os outros seres vivos, que são dotados de células eucarióticas. Essa significativa diferença levou alguns biólogos a propor a separação das bactérias em um reino exclusivo, denominado Monera, termo proposto por Haeckel em 1866 e empregado anteriormente para designar uma das divisões do reino Protista.

Na década de 1960, Herbert F. Copeland (1902-1968), um professor de Biologia da Califórnia (EUA), sugeriu a divisão dos seres vivos em quatro reinos: Animalia (animais), Plantae (plantas ou vegetais), Protista (protozoários, algas microscópicas e fungos) e Monera (bactérias). Em 1969, o biólogo estadunidense Robert H. Whittaker (1920-1980) ampliou as propostas de Copeland, sugerindo que, além dos quatro reinos propostos por ele, os fungos fossem retirados do reino Protista e inseridos em um reino próprio, Fungi.

Na década de 1980, as biólogas estadunidenses Lynn Margulis (1938-2011) e Karlene Schwartz (n. 1936) modificaram a proposta de Whittaker e tentaram definir melhor os limites do reino Protista. Originalmente, Whittaker incluía entre os protistas apenas seres unicelulares eucarióticos e algas multicelulares microscópicas; algas macroscópicas eram classificadas junto às plantas. Na proposta de Margulis e Schwartz, todas as algas, independentemente de seu tamanho, deveriam ser incluídas no reino dos protozoários, que elas sugeriram denominar Protoctista.

Os progressos na área da Biologia Molecular têm alterado radicalmente a interpretação da história evolutiva dos seres vivos. Em 1990, o biofísico estadunidense Carl Woese (1928-2012) propôs, com base em características moleculares, a divisão dos seres vivos em três domínios, categoria equivalente a um "super-reino". Os domínios são: Bacteria, Archaea e Eukarya.

Apesar de unicelulares e procarióticas, bactérias e arqueas são organismos tão diferentes entre si que foram separadas em domínios distintos: **Bacteria** e **Archaea**. Fazendo uma correspondência com a divisão clássica, o domínio Bacteria conteria um único reino, Bacteria; o domínio Archaea, também um único reino, Archaea; já o domínio **Eukarya** compreenderia todos os seres eucarióticos: protozoários, algas, fungos, plantas e animais. Nesse domínio, a quantidade de reinos varia em diferentes sistemas de classificação, podendo atingir o incrível número de 70 a 90 grandes grupos.

Seguindo diversos autores de livros acadêmicos, nesta obra adotamos a divisão dos seres vivos em seis grandes grupos ou reinos: Bacteria, Archaea, Protoctista, Fungi, Plantae e Animalia. É importante lembrar que, nessa área, ainda há muitas mudanças ocorrendo. Seja qual for o sistema de classificação adotado, o mais importante é conhecer as principais categorias de seres vivos e as características que levam a incluí-los em um ou em outro reino. (Tab. 1.1)

TABELA 1.1 PRINCIPAIS PROPOSTAS DE CLASSIFICAÇÃO DOS GRANDES GRUPOS DE SERES VIVOS*

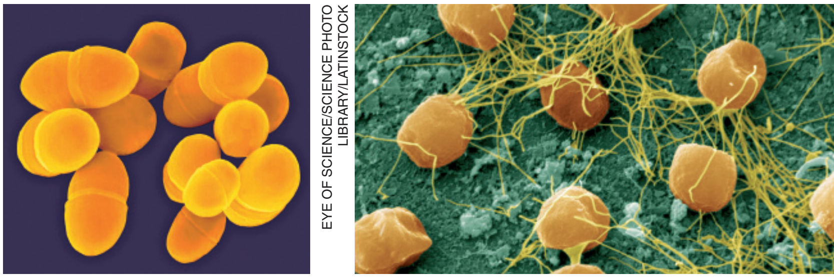
Lineu 1735	Haeckel 1866	Chatton 1925	Copeland 1938	Whittaker 1969	Woese 1990	Cavallier-Smith 1998	Classificação adotada neste livro
2 reinos	3 reinos	2 impérios	4 reinos	5 reinos	3 domínios	6 reinos	6 reinos
Vegetabilia Animalia	Plantae Animalia Protista	Prokaryota Eukaryota	Plantae Animalia Protista Monera	Plantae Animalia Protista Monera Fungi	Eukarya Bacteria Archaea	Plantae Animalia Protozoa Chromista Fungi Bacteria	**Plantae** **Animalia** **Protoctista** **Fungi** **Bacteria** **Archaea**

* Confira com as informações apresentadas no texto.

Reinos Bacteria e Archaea

Hoje, graças à contribuição da Biologia Molecular, é possível diferenciar dois grupos bem distintos de organismos procarióticos, **bactérias** e **arqueas**, respectivamente classificadas no reino **Bacteria** e no reino **Archaea**. As características desses dois grupos e as diferenças entre eles serão mais bem estudadas no capítulo seguinte. (Fig. 1.10)

DENNIS KUNKEL MICROSCOPY, INC/VISUALS UNLIMITED, INC/ CORBIS/LATINSTOCK



EYE OF SCIENCE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Figura 1.10 A. Fotomicrografia de *Lactococcus lactis*, do reino Bacteria. (Microscópio eletrônico de varredura; aumento ≈ 10.200×; cores artificiais.) **B.** Fotomicrografia de *Pyrococcus furiosus*, do reino Archaea. (Microscópio eletrônico de varredura; aumento ≈ 6.615×; cores artificiais.)

Reino Protoctista

Muitos sistematas criticam a existência do reino **Protoctista** (antigamente chamado Protista) por reunir organismos com origens evolutivas muito distintas, constituindo um grupo polifilético. A solução seria separar os protoctistas em diversos reinos, o que também é motivo de controvérsia: enquanto alguns estudiosos afirmam que quatro reinos seriam suficientes, outros sugerem um número bem maior, que pode chegar a dezenas. Isso mostra que a classificação desse grupo deverá mudar em um futuro próximo.

Por enquanto, neste livro, incluímos no reino Protoctista os **protozoários**, seres eucarióticos, unicelulares e heterotróficos, e as **algas**, seres eucarióticos, unicelulares ou multicelulares e autotróficos fotossintetizantes. Em classificações mais recentes, os mixomicetos, anteriormente inseridos no reino dos fungos, passaram a fazer parte do reino Protoctista. (Fig. 1.11)

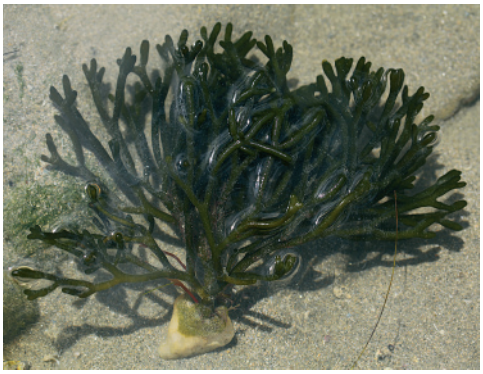

FABIO COLOMBINI

Figura 1.11 Alga do gênero *Codium*, representante do reino Protoctista. Algumas espécies desse gênero podem ultrapassar 30 cm de altura.

Reino Fungi

O reino **Fungi** inclui os **fungos**, seres eucarióticos, unicelulares ou multicelulares, constituídos por filamentos denominados hifas. Os fungos têm semelhanças com as algas na organização e na reprodução, mas diferem delas por serem heterotróficos. Em termos moleculares, eles estão mais próximos dos animais que das plantas.

Em sistemas de classificação mais antigos, os fungos eram incluídos no reino Plantae; depois passaram ao reino Protista e atualmente são classificados em um reino próprio. (Fig. 1.12)

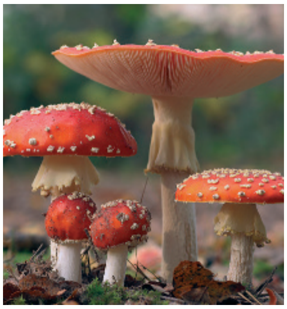

RONALD MOOLENAAR/BUITEN-BEELD/
MINDEN PICTURES/LATINSTOCK

Figura 1.12 Cogumelos comestíveis da espécie *Amanita muscaria*, representantes do reino Fungi que podem medir mais de 10 cm de altura.

Reino Plantae

O reino **Plantae** reúne as **plantas**, seres eucarióticos, multicelulares e autotróficos fotossintetizantes. As plantas têm células diferenciadas, que formam tecidos corporais razoavelmente bem definidos. Musgos, samambaias, pinheiros e plantas frutíferas representam os principais grupos que compõem o reino Plantae. (Fig. 1.13)

A sinapomorfia que caracteriza os integrantes desse reino é a presença de embriões multicelulares que, durante o desenvolvimento, retiram alimento diretamente da planta genitora. De acordo com esse critério, as algas multicelulares são excluídas do reino das plantas, pois não formam embriões desse tipo.

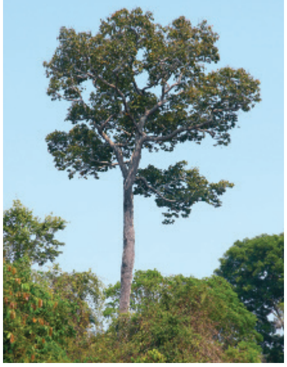

FABIO COLOMBINI

Figura 1.13 Árvore castanheira (*Bertholletia excelsa*), representante do reino Plantae. Pode atingir 20 m de altura.

Reino Animalia

O reino **Animalia** reúne os **animais**, seres eucarióticos, multicelulares e heterotróficos. Esse grupo inclui uma grande variedade de organismos, desde os muito simples, como as esponjas, até animais complexos como os cordados, grupo ao qual pertencemos. (Fig. 1.14)

A sinapomorfia que caracteriza os animais é o estágio embrionário de blástula, uma esfera celular oca. A blástula origina a gástrula, fase embrionária em que são "esboçados" os tecidos do novo ser.

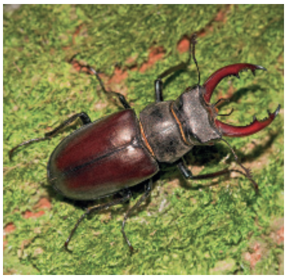

JELGER HERDER/BUITEN-BEELD/
MINDEN PICTURES/LATINSTOCK

Figura 1.14 Besouro da espécie *Lucanus cervus*, representante do reino Animalia. Mede cerca de 7 cm de comprimento.

Vírus

Os **vírus** não são incluídos em nenhum dos reinos, pois são **acelulares**, ou seja, não são constituídos por células. Os vírus são formados por uma ou poucas moléculas de ácido nucleico, que pode ser o DNA ou o RNA, envoltas por um revestimento de moléculas de proteínas.

Vírus são sempre **parasitas intracelulares**, pois somente conseguem se reproduzir no interior de células. Fora da célula hospedeira, são completamente inertes e não se reproduzem.

ATIVIDADES

Revendo conceitos, fatos e processos

Registre em seu caderno

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses nas frases de 1 a 6.

a) classe
b) espécie
c) família
d) filo
e) gênero
f) ordem
g) reino

1. Um conjunto de classes reunidas pelas semelhanças constitui um(a) (▬). 1. d

2. Ordens com características semelhantes são reunidas em um(a) (▬). 2. a

3. Um(a) (▬) reúne espécies semelhantes. 3. e

4. A categoria mais abrangente da classificação tradicional é a(o) (▬). 4. g

5. A categoria taxonômica imediatamente acima de gênero é a(o) (▬). 5. c

6. A reunião de famílias semelhantes constitui a categoria taxonômica denominada (▬). 6. f

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses nas frases de 7 a 10.

a) Animalia
b) Archaea
c) Bacteria
d) Fungi
e) Plantae
f) Protoctista

7. O reino (▬) reúne organismos fotossintetizantes que formam embriões multicelulares dependentes do genitor durante o desenvolvimento. 7. e

8. Organismos multicelulares não fotossintetizantes que apresentam o estágio embrionário de blástula pertencem ao reino (▬). 8. a

9. Considerado polifilético, o reino (▬) reúne algas e protozoários. 9. f

10. Organismos heterotróficos cujas espécies multicelulares formam hifas são classificados atualmente no reino (▬). 10. d

11. Qual das alternativas traz grafado corretamente o nome científico de uma espécie de ser vivo? 11. d

a) Canis Familiaris
b) Homo pp.
c) solanum tuberosum
d) *Zea mays*

12. Dois organismos que pertencem à mesma ordem pertencem necessariamente a qual outro táxon? 12. a

a) Classe.
b) Família.
c) Gênero.
d) Espécie.

13. Em qual desses táxons espera-se encontrar organismos com maior grau de semelhança? 13. d

a) Classe.
b) Família.
c) Filo.
d) Gênero.

14. Como poderia ser classificado um organismo unicelular, eucariótico e heterotrófico? 14. c

a) Como alga.
b) Como bactéria.
c) Como fungo.
d) Como planta.

15. Que tipo de característica os sistematas cladistas procuram para estabelecer as relações de parentesco evolutivo entre os grupos de seres vivos? 15. c

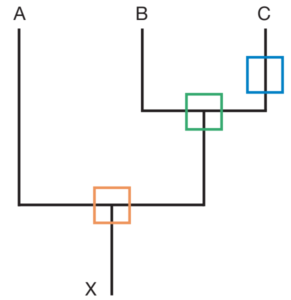
a) Analogias evolutivas.
b) Características estruturais relevantes.
c) Homologias evolutivas.
d) Órgãos análogos.

Questões para exercitar o pensamento

Registre em seu caderno

16. Considere os animais A, B, C e D. A e B pertencem a gêneros diferentes de uma mesma família, enquanto C e D pertencem à mesma ordem, mas não às mesmas famílias. Você espera encontrar maior grau de semelhança entre A e B ou entre C e D? Por quê?

17. No cladograma a seguir estão representadas as relações filogenéticas entre as espécies A, B e C. Os quadrados coloridos correspondem aos ancestrais comuns de quais grupos?



ADILSON SECCO

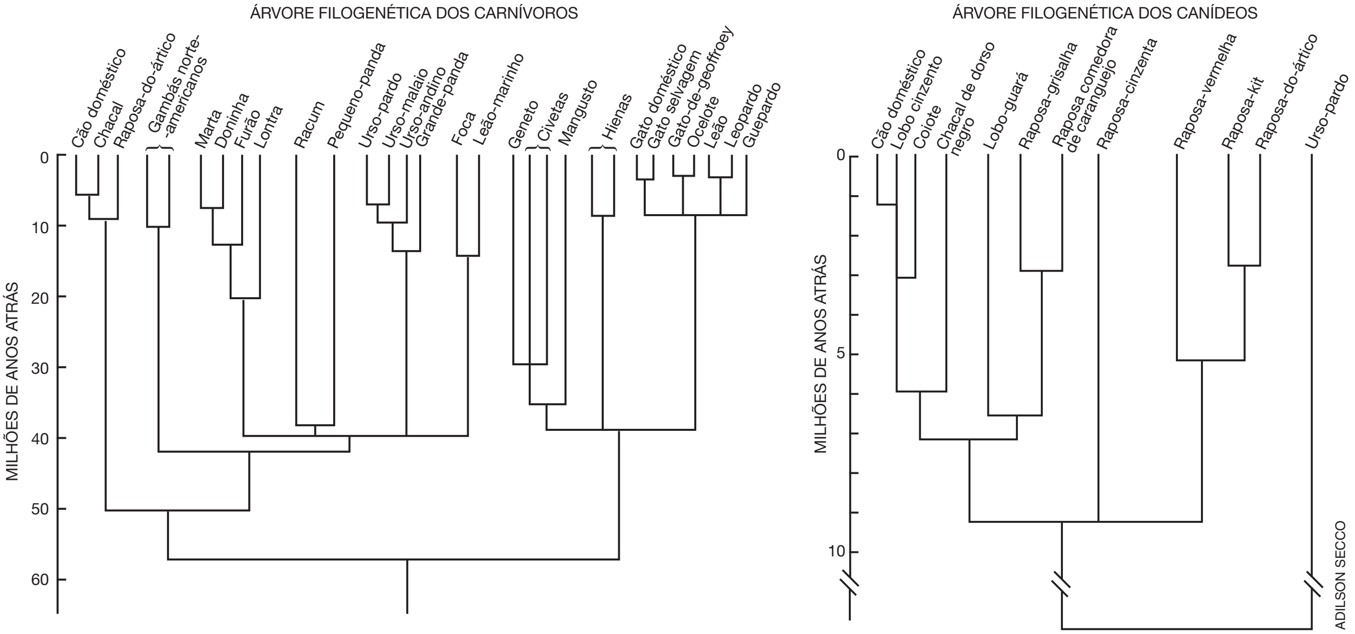
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Faça você mesmo!

Registre em seu caderno

18. Interpretando imagens: Árvores filogenéticas

O objetivo desta atividade é exercitar conceitos desenvolvidos no capítulo por meio da leitura e interpretação de árvores filogenéticas. Analise as árvores dos carnívoros e dos canídeos, mostradas abaixo, e faça o que se pede.


ÁRVORE FILOGENÉTICA DOS CARNÍVOROS
Cão doméstico
Chacal
Raposa-do-ártico
Gambás norte-americanos
Marta
Doninha
Furão
Lontra
Racum
Pequeno-panda
Urso-pardo
Urso-malaio
Urso-andino
Grande-panda
Foca
Leão-marinho
Geneto
Civetas
Mangusto
Hienas
Gato doméstico
Gato selvagem
Gato-de-geoffroey
Ocelote
Leão
Leopardo
Guepardo
MILHÕES DE ANOS ATRÁS
0
10
20
30
40
50
60
ÁRVORE FILOGENÉTICA DOS CANÍDEOS
Cão doméstico
Lobo cinzento
Coiote
Chacal de dorso negro
Lobo-guará
Raposa-grisalha
Raposa comedora de caranguejo
Raposa-cinzenta
Raposa-vermelha
Raposa-kit
Raposa-do-ártico
Urso-pardo
MILHÕES DE ANOS ATRÁS
0
5
10

ADILSON SECCO

Dados obtidos de Robert K. Wayne, Molecular evolution of the dog family, *Trends Genetics*, p. 218-24, jun. 1993, e Kerstin Lindblad-Toh et al., Genome sequence, comparative analysis and haplotype structure of the domestic dog, *Nature*, v. 438, p. 803-19, dez. 2005.

a) Comece analisando a árvore geral dos carnívoros. Quantos animais da árvore você conhece? Pesquise os que não conhece em enciclopédias, livros e na internet.

b) Note que a época da divergência entre cães e ursos não está datada na árvore dos canídeos; só sabemos que ocorreu há mais de 10 milhões de anos. Consulte a árvore geral dos carnívoros e responda: há quanto tempo, aproximadamente, os ursos e os cães tiveram um ancestral comum?

c) Recentemente, descobriu-se que o cão selvagem africano (*Lycaon pictus*) divergiu da linhagem canídea há mais de 3 milhões de anos e apresenta diferenças genéticas significativas com lobos e coiotes. Com base nessas informações, desenhe em seu caderno um trecho da árvore dos canídeos e inclua nele o cão selvagem africano.

d) Escolha três animais de cada uma das duas árvores acima e elabore uma árvore filogenética que represente as relações evolutivas entre esses organismos, mostrando também a época em que seus ancestrais divergiram. Se possível, ilustre com desenhos ou fotografias desses animais.

A Biologia no vestibular e no Enem

Registre em seu caderno

Questões objetivas

1. (UFG-GO) As categorias sistemáticas, ou *taxas*, colocadas ordenadamente, em graus hierárquicos, são 1. c

a) reino, divisão, classe, família, ordem, gênero, espécie.
b) reino, classe, divisão, ordem, família, gênero, espécie.
c) reino, divisão, classe, ordem, família, gênero, espécie.
d) reino, classe, divisão, família, ordem, gênero, espécie.
e) reino, divisão, família, classe, ordem, gênero, espécie.

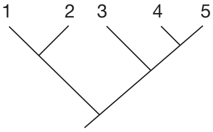
Nota: a categoria divisão, utilizada em certas classificações botânicas, corresponde a filo.

2. (Ufes) Têm maior grau de semelhança entre si dois organismos que estão colocados dentro de uma das seguintes categorias taxonômicas: 2. d

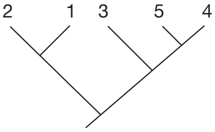
a) classe.
b) divisão.
c) família.
d) gênero.
e) ordem.

3. (UFRGS-RS) Os cinco cladogramas das alternativas ilustram relações filogenéticas entre os táxons hipotéticos 1, 2, 3, 4 e 5. Quatro desses cladogramas apresentam uma mesma hipótese filogenética. Qual a alternativa que contém o cladograma que apresenta hipótese filogenética diferente das demais. 3. b

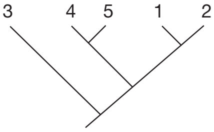
a)



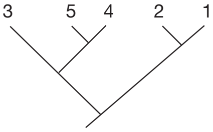
d)



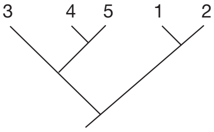
b)



e)



c)



4. (Unesp) Três populações de insetos, X, Y e Z, habitantes de uma mesma região e pertencentes a uma mesma espécie, foram isoladas geograficamente. Após vários anos, com o desaparecimento da barreira geográfica, verificou-se que o cruzamento dos indivíduos da população X com os da população Y produzia híbridos estéreis. O cruzamento dos indivíduos da população X com os da população Z produzia descendentes férteis, e o dos indivíduos da população Y com os da população Z não produzia descendentes. A análise desses resultados permite concluir que 4. d

a) X, Y e Z continuaram pertencendo à mesma espécie.
b) X, Y e Z formaram três espécies diferentes.
c) X e Z tornaram-se espécies diferentes e Y continuou a pertencer à mesma espécie.
d) X e Z continuaram a pertencer à mesma espécie e Y tornou-se uma espécie diferente.
e) X e Y continuaram a pertencer à mesma espécie e Z tornou-se uma espécie diferente.

5. (Fuvest-SP) Um pesquisador estudou uma célula ao microscópio eletrônico, verificando a ausência de núcleo e de compartimentos membranosos. Com base nessas observações, ele concluiu que a célula pertence a 5. a

a) uma bactéria.
b) uma planta.
c) um animal.
d) um fungo.
e) um vírus.

6. (UEA-AM) Sobre a classificação dos seres vivos, é correto afirmar: 6. d

a) O reino Monera é representado por seres pluricelulares destituídos de parede celular.
b) O reino Protista é representado por organismos procariontes unicelulares com reprodução assexuada e sexuada.
c) O reino Plantae é representado geralmente por seres procariontes unicelulares e autotróficos fotossintetizantes.
d) O reino Fungi é representado por eucariontes que podem ser unicelulares ou ter o corpo formado por filamentos (hifas).
e) O reino Animalia é representado somente por procariontes pluricelulares.

Questões discursivas

7. (UEG-GO) Na atualidade, o sistema utilizado para a classificação taxonômica de todos os organismos vivos existentes é o binomial.

a) O que é a nomenclatura binomial?
b) Por que uma nomenclatura binomial é preferencialmente utilizada ao invés de nomes comuns?

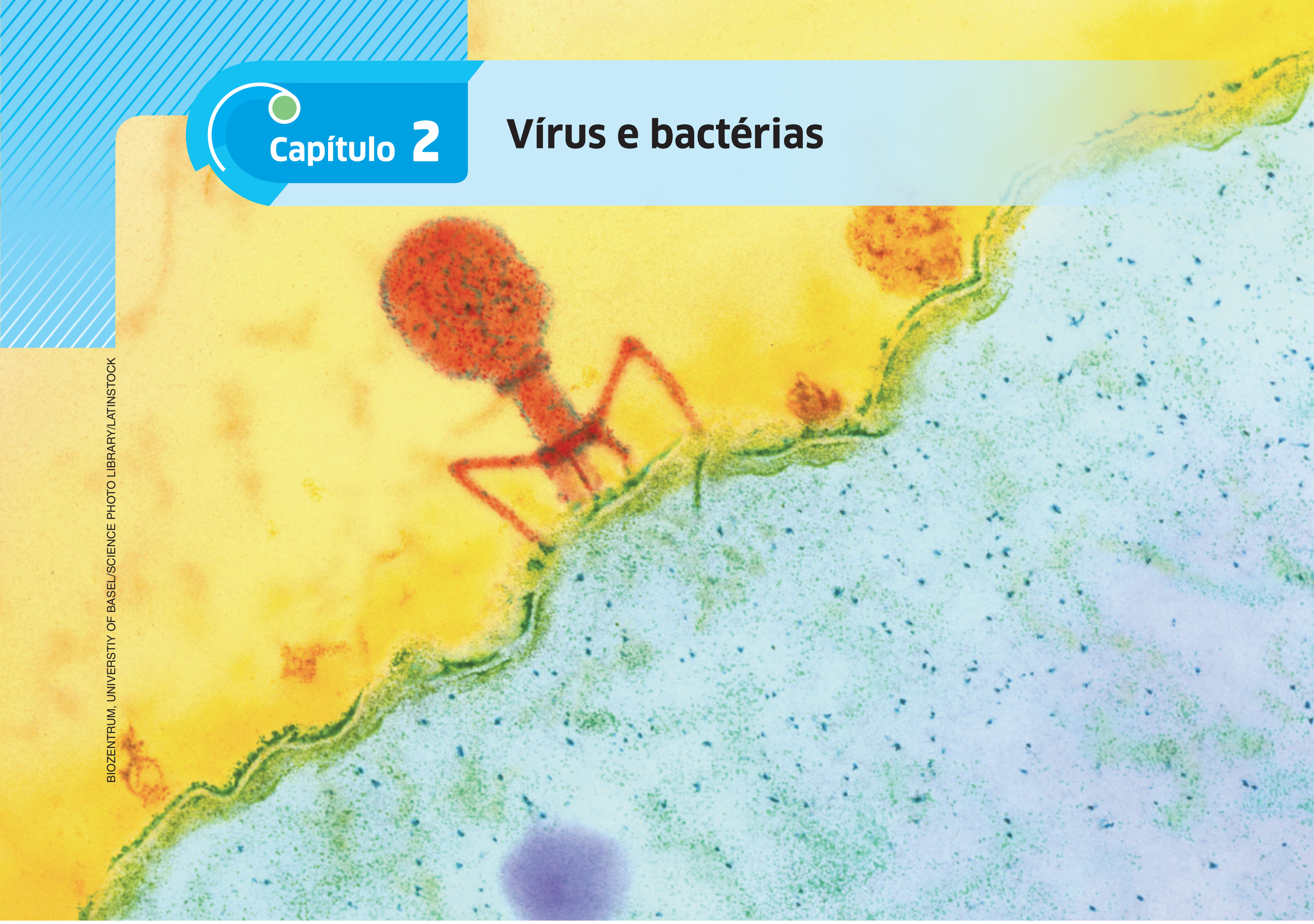
8. (Vunesp) Alunos de uma escola, em visita ao zoológico, deveriam escolher uma das espécies em exposição e pesquisar sobre seus hábitos, alimentação, distribuição etc. No setor dos macacos, um dos alunos ficou impressionado com a beleza e a agilidade dos macacos-pregos. No recinto desses animais havia uma placa com a identificação:

> Nome vulgar: Macaco-prego (em inglês *Ring-tail Monkeys* ou *Weeping capuchins*).
> Ordem: Primates.
> Família: Cebidae.
> Espécie: *Cebus apella*.

Esta foi a espécie escolhida por esse aluno. Chegando em casa, procurou informações sobre a espécie em um *site* de busca e pesquisa na internet. O aluno deveria digitar até duas palavras-chave e iniciar a busca.

a) Que palavras o aluno deve digitar para obter informações apenas sobre a espécie escolhida?
b) Justifique sua sugestão.

Capítulo 2 Vírus e bactérias



BIOZENTRUM, UNIVERSTIY OF BASEL/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Nessa imagem, obtida ao microscópio eletrônico de transmissão, é possível observar um vírus bacteriófago atacando uma bactéria, que aparece em coloração azulada. Depois de se fixar à parede da bactéria, o vírus injeta nela seu DNA. Depois da injeção do DNA, a célula bacteriana passará a trabalhar exclusivamente na produção de novos vírus. (Aumento ≈ 417.000×; cores artificiais.)

Transformando antigos inimigos em aliados

Quem diria? Até entre os vírus e as bactérias, popularmente considerados grandes inimigos da humanidade, podem ser encontrados aliados. Recentes descobertas revelam aspectos fundamentais da natureza dos microrganismos e do nosso relacionamento com eles. É o conhecimento científico novamente mudando nossa visão do mundo...

Não se pode negar que a maioria dos vírus prejudica os seres vivos, uma vez que todos eles são parasitas e só se reproduzem no interior de células vivas. A infecção por vírus quase sempre prejudica gravemente as células hospedeiras, muitas vezes levando-as à morte.

Muitas espécies de bactérias também podem causar doenças a plantas e animais; entretanto, enquanto todos os vírus são parasitas, apenas uma parte das bactérias utiliza a estratégia parasitária para viver.

Louis Pasteur (1822-1895) e Robert Koch (1843-1910), pesquisadores pioneiros dos microrganismos, descobriram que certas doenças humanas e de animais podiam ser causadas por bactérias, então chamadas de micróbios. Disseminou-se, a partir daí, a ideia que a maioria das enfermidades era causada por seres microscópicos parasitas; o avanço dos conhecimentos, porém, mostrou que apenas algumas doenças humanas são provocadas por microrganismos.

Estudos recentes vêm mostrando a importância dos microrganismos nos ecossistemas e o grande potencial futuro para desenvolver novas tecnologias envolvendo vírus e bactérias, em áreas como Medicina, Bioquímica, Genética e Ecologia. As bactérias desempenham papéis importantíssimos na manutenção da vida na Terra e, sem elas, o planeta seria muito diferente do que é hoje e possivelmente não estaríamos aqui.

Novos conhecimentos sobre a habilidade dos vírus em infectar células têm dado ideias aos cientistas para desenvolver terapias intracelulares, em que medicamentos ou genes corretivos seriam inseridos diretamente nas células que deles necessitam como os vírus fazem ao injetar seus genes nas células-alvo.

Hoje já é realidade o emprego de bactérias que atuam como fábricas microbiológicas, capazes de produzir, depois de devidamente "instruídas" para isso, proteínas autenticamente humanas, como o hormônio de crescimento e o hormônio insulina. Assim, essas substâncias terapêuticas deixam de ser extraídas de cadáveres ou de animais, com benefícios no preço e na qualidade.

Conhecer melhor os microrganismos permite, além de controlar e evitar doenças infecciosas, desenvolver tecnologias benéficas para a humanidade. Ao estudar vírus e bactérias, você descobrirá que eles são tão importantes para a espécie humana que conhecê-los amplia nossas qualidades como cidadãos.

A importância do assunto

Neste capítulo são apresentadas as principais características de vírus e de bactérias, com atenção especial no ciclo reprodutivo desses microrganismos e em sua capacidade de provocar doenças.

Embora sejam pequenos em tamanho, vírus e bactérias estão longe de ser insignificantes. Basta contabilizar o número de epidemias devastadoras causadas por eles ao longo da história da humanidade, como será comentado neste capítulo.

Ao conhecer as formas de transmissão das principais doenças virais e bacterianas, contribuímos para prevenir sua disseminação e para melhorar a saúde da comunidade a que pertencemos.

2.1 Vírus

Simplicidade e sofisticação

O termo **vírus** (do latim *virus*, veneno) designa um grupo bastante variado de seres cujo tamanho situa-se entre 15 e 300 nanômetros (nm). Um nanômetro equivale a 1 milésimo do micrômetro (µm) que, por sua vez, equivale a 1 milésimo do milímetro (mm). Para se ter uma ideia de como esses organismos são pequenos, vale lembrar que a menor partícula que percebemos a olho nu tem em torno de 1/10 mm (100 µm ou 100.000 nm) de diâmetro, isto é, milhares de vezes maior que um vírus. Os vírus são invisíveis mesmo nos melhores microscópios ópticos e somente podem ser visualizados em microscópios eletrônicos, em grandes aumentos e alta resolução.

Os vírus se distinguem de todos outros seres biológicos porque são **acelulares**, ou seja, não são formados por compartimentos membranosos denominados células. Eles têm quase sempre estruturas compactas, constituídas por uma ou algumas moléculas de ácido nucleico, que pode ser o DNA ou o RNA, envoltas por moléculas de proteínas.

A relativa simplicidade estrutural dos vírus tem relação com o fato de que todos eles são **parasitas intracelulares obrigatórios**. Quando estão fora das células hospedeiras, os vírus não se multiplicam nem manifestam nenhum tipo de atividade metabólica. Entretanto, ao invadir as células adequadas, eles se comportam como conquistadores implacáveis: assumem o comando das atividades celulares, levando suas hospedeiras a trabalhar apenas na produção de novos vírus. Quase sempre a infecção viral leva à morte da célula ou afeta gravemente suas funções normais.

Características gerais

Há uma grande variedade de vírus capazes de atacar células de todos os grupos de seres vivos, desde bactérias até plantas e animais, incluindo a espécie humana. Cada espécie viral é altamente específica, isto é, só consegue invadir alguns tipos de célula de uma ou de poucas espécies hospedeiras.

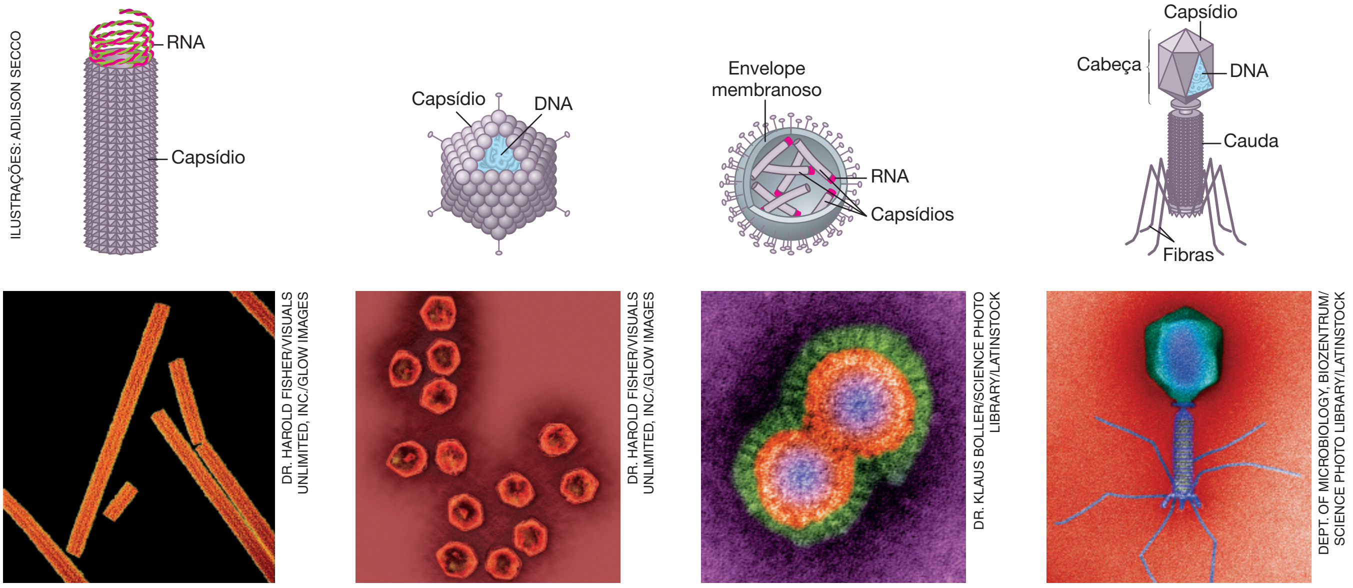
A invasão de uma célula hospedeira por um vírus é chamada **infecção viral** e provoca profundas alterações no metabolismo celular. Em alguns casos, as células hospedeiras infectadas por vírus passam a se dividir sem controle, originando tumores. Entretanto, o destino de grande parte das células infectadas é a morte, que ocorre quando os novos vírus formados saem delas, provocando sua destruição.

As doenças causadas por vírus são genericamente denominadas **viroses**. Entre as viroses humanas mais conhecidas estão a aids, as gripes, o sarampo, a catapora, a dengue e a poliomielite, entre outras.

A estrutura viral

Os vírus são constituídos por uma ou algumas moléculas de ácido nucleico, que pode ser DNA ou RNA, protegidas por um envoltório proteico denominado **capsídio**. Os ácidos nucleicos virais, envoltos pelas proteínas do capsídio, constituem o **nucleocapsídio**. Os vírus causadores da catapora e da hepatite B, por exemplo, são vírus de DNA; os causadores da gripe, do sarampo, da poliomielite, da aids (HIV), por sua vez, são vírus de RNA.

Certos tipos de vírus apresentam, além do nucleocapsídio, **o envelope viral**, um envoltório lipoproteico formado por fragmentos da membrana plasmática da célula hospedeira. A partícula viral completa, com tamanho e forma típicos de cada espécie, constitui o **vírion**. (Fig. 2.1)



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

DR. HAROLD FISHER/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

DR. HAROLD FISHER/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

DR. KLAUS BOLLER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

DEPT. OF MICROBIOLOGY, BIOZENTRUM/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Vírus do mosaico do tabaco (aumento ≈ 74.000×)

Iridovírus (aumento ≈ 16.000×)

Vírus de gripe (aumento ≈ 400.000×)

Bacteriófago T4 (aumento ≈ 130.000×)

Figura 2.1 Representações esquemáticas de alguns vírus, com parte do capsídio removida para mostrar o ácido nucleico em seu interior. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) Na parte inferior, fotomicrografias desses mesmos vírus ao microscópio eletrônico de transmissão. (Cores artificiais.)

Na superfície do vírion há proteínas capazes de se unir a componentes específicos da membrana da célula hospedeira, chamados receptores virais. A capacidade de infectar uma célula depende justamente da união entre as proteínas "ligantes" do vírus e os receptores virais da célula hospedeira, como um encaixe chave-fechadura. É a necessidade dessa associação molecular exata que torna os vírus tão específicos: eles só conseguem infectar células dotadas de receptores compatíveis com suas proteínas ligantes.

Como os vírus se multiplicam

Para muitos cientistas, vírus estão no limite da definição de vida, mantendo apenas sua característica mais essencial: a capacidade de reprodução.

Enquanto não encontra uma célula em que possa penetrar, o vírus não manifesta nenhum tipo de atividade metabólica: não fabrica nem transforma substâncias, não cresce, não se reproduz etc. Entretanto, ao encontrar a célula hospedeira apropriada, o vírus insere nela seu ácido nucleico, que contém o programa genético que passa a utilizar a maquinaria bioquímica celular para produzir novos vírus.

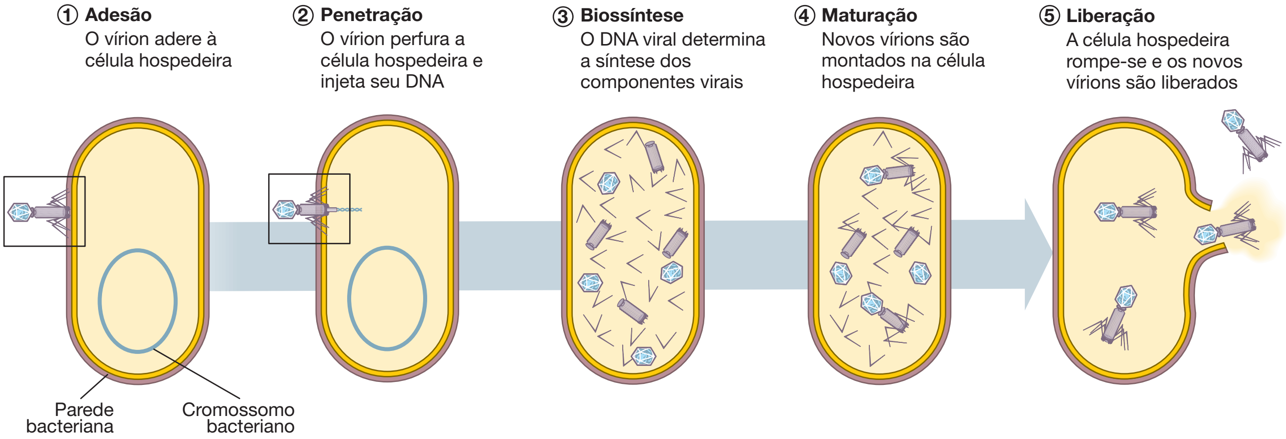
A forma de penetração dos vírus na célula hospedeira e sua multiplicação variam entre os tipos virais. Acompanhe, como exemplo, a multiplicação de um vírus bacteriófago, a seguir.

Ciclo de um vírus bacteriófago

Entre os diversos tipos de vírus, os bacteriófagos, ou fagos, que atacam bactérias, ilustram simplificadamente o ciclo viral. Os vírus da aids e da gripe têm ciclos mais complexos, que não serão estudados neste livro. O fago T4, por exemplo, é um vírus de DNA cujo capsídio proteico é constituído por uma "cabeça" facetada e por uma "cauda" cilíndrica. O interior da cabeça contém uma longa molécula de DNA compactada.

Ao encontrar bactérias com potencial para ser hospedeiras, os fagos, por meio de proteínas ligantes presentes em sua cauda, aderem a receptores presentes na parede bacteriana. Em seguida, perfuram a parede da bactéria e injetam o DNA no citoplasma bacteriano. A cabeça e a cauda do fago permanecem do lado de fora, sem penetrar na célula. No interior da célula bacteriana, o DNA do fago assume o comando das ações, direcionando o metabolismo celular para a produção de dezenas de novos vírus.

Cerca de 30 minutos após a penetração do DNA de um único fago invasor, a bactéria se rompe e libera dezenas de novos fagos, que podem infectar imediatamente outras bactérias ao redor e reiniciar o ciclo. (Fig. 2.2)


① Adesão
O vírion adere à célula hospedeira
② Penetração
O vírion perfura a célula hospedeira e injeta seu DNA
③ Biossíntese
O DNA viral determina a síntese dos componentes virais
④ Maturação
Novos vírions são montados na célula hospedeira
⑤ Liberação
A célula hospedeira rompe-se e os novos vírions são liberados
Parede bacteriana
Cromossomo bacteriano

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 2.2 Ciclo reprodutivo do bacteriófago T4. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) (Elaborado com base em Tortora, G. J. e cols., 1995.)

Vírus e doenças humanas

Transmissão de doenças virais

Certos vírus não duram muito tempo fora dos hospedeiros e sua transmissão requer o contato direto entre um portador e um novo hospedeiro. Vírus causadores do herpes, por exemplo, que atacam a pele e as mucosas, podem ser transmitidos pelo simples contato físico entre duas pessoas.

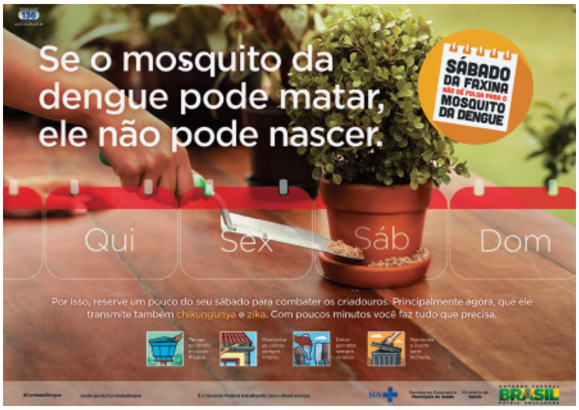
Outros vírus são transmitidos somente por meio de secreções, como o vírus da raiva, presente na saliva de animais infectados, e o HIV (agente causador da aids), presente em fluidos como esperma e sangue. Vírus de gripe passam de uma pessoa para outra através de gotículas de muco expelidas ao falar, rir ou espirrar.

Certos vírus mantêm sua capacidade infectante por longo tempo, mesmo fora de um hospedeiro. Nesses casos, o reservatório viral é o ambiente não vivo. De modo geral, vírus que atacam o sistema digestório e são eliminados com as fezes têm como reservatório o solo ou a água contaminados por esgotos. Entre os vírus transmitidos por água e alimentos contaminados estão os causadores de gastrenterites, poliomielite e hepatites A e E.

Alguns tipos de vírus podem atacar tanto células humanas quanto células de outros animais. Assim, uma pessoa pode infectar-se pelo contato com um animal portador do vírus. Doenças humanas causadas por esses tipos de vírus são conhecidas como **zoonoses virais**. As espécies animais em que esses vírus estão presentes são seus reservatórios naturais. A raiva, também chamada hidrofobia, é uma zoonose cujos reservatórios naturais do vírus são os morcegos. Além deles, cães, gatos ou outros mamíferos contaminados também podem transmitir o vírus da raiva aos seres humanos.

Há vírus transmitidos por animais "vetores", principalmente insetos. Eles são genericamente denominados arbovírus (sigla do inglês ***ar****thropod* ***bo****rne* ***virus***, que significa "vírus transmitido por artrópode"). Vírus da febre amarela, da dengue e de diversas encefalites são tipos de arbovírus, cujos vetores são mosquitos.

Um mosquito transmissor de doenças virais que tem ganhado destaque no Brasil é o *Aedes aegypti* (pronuncia-se "edes egipti"), pernilongo com cerca de 0,5 cm de comprimento, de cor escura com manchas brancas no corpo e nas pernas. As fêmeas desse inseto podem transmitir diversos tipos de vírus, entre eles os causadores da dengue, da febre amarela urbana e da febre chikungunya. O *A. aegypti* também pode transmitir o Zika vírus, recentemente introduzido no país. Esse vírus causa sintomas semelhantes aos da dengue, mas também tem sido associado a certas doenças neurológicas em adultos e há a suspeita, até o momento ainda não comprovada, de provocar microcefalia em bebês humanos, quando infecta mulheres grávidas. A maneira mais eficaz de prevenir essas doenças virais é por meio do combate ao mosquito vetor, que pode adquirir o vírus ao picar uma pessoa contaminada ou por transmissão vertical, em que uma fêmea infectada transmite os vírus para a sua prole. A fêmea do *A. aegypti* deposita os ovos preferencialmente em água limpa e parada, e eles podem sobreviver inativos, resistindo ao dessecamento, por mais de 1 ano, eclodindo quando as condições estiverem favoráveis; por isso a importância de evitar acúmulos de água. (Fig. 2.3)


Se o mosquito da dengue pode matar, ele não pode nascer.
SÁBADO DA FAXINA
NÃO DÊ FOLGA PARA O MOSQUITO DA DENGUE
Qui
Sex
Sáb
Dom
Por isso, reserve um pouco do seu sábado para combater os criadouros. Principalmente agora, que ele transmite também chikungunya e zika. Com poucos minutos você faz tudo que precisa.
SUS
BRASIL

ACERVO DO MINISTÉRIO DA SAÚDE/GOVERNO FEDERAL

Figura 2.3 Cartaz de campanha de combate à dengue, incentivando a participação ativa da população no combate ao mosquito *Aedes aegypti* (Ministério da Saúde).

Epidemias, endemias e pandemias

Pode ser interessante aproveitar a discussão sobre a transmissão de doenças virais para aprofundar os sintomas das doenças citadas, além de outras que ocorrem comumente na região, assim como as medidas profiláticas. Uma sugestão é trabalhar com as epidemias recentes de dengue, chikungunya e zika, em que casos das doenças foram confirmados na maioria dos estados da federação. Sugestões de trabalho e de leitura podem ser encontradas nas *Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo* no **Suplemento para o professor.**

Em termos populacionais, as doenças infecciosas podem ocorrer na condição de epidemias ou de endemias. O aumento súbito no número de casos de uma doença em uma população constitui uma **epidemia**. Quando uma doença se mantém em frequência praticamente constante em determinada região, fala-se em **endemia**.

Costuma-se também utilizar o termo **pandemia** para designar uma doença que atinge mais de um continente, em uma onda epidêmica que pode prolongar-se por anos. **Surto** é uma forma particular de epidemia, em que todos os casos estão relacionados entre si.

Uma das grandes pandemias virais da atualidade é a aids, causada pelo vírus HIV. Essa doença será estudada mais adiante, no capítulo 10, no item referente à circulação sanguínea.

Tratamento e prevenção de doenças virais

Até o momento, poucas drogas terapêuticas mostraram-se efetivas no combate aos vírus. Os antibióticos, altamente eficazes contra bactérias, não eliminam infecções virais. Já foram descobertas drogas capazes de impedir a multiplicação de ácidos nucleicos virais, e que tratam com relativo sucesso infecções como o herpes. O HIV tem sido combatido com coquetéis de drogas que dificultam tanto a multiplicação do ácido nucleico quanto a produção das proteínas virais.

O combate mais efetivo às doenças virais é a **prevenção**, que deve ser realizada de vários modos: pela vacinação, por medidas de saneamento básico e de preservação do ambiente, pela ação da saúde pública e por cuidados pessoais.

Vacinas antivirais são preparadas com vírus previamente mortos ou atenuados por tratamentos físicos e químicos. Ao entrar em contato com os componentes virais presentes na vacina, o organismo reage produzindo anticorpos específicos contra aquele tipo de vírus. Se a pessoa vacinada é infectada pelo vírus causador de uma doença contra a qual ela foi imunizada, os anticorpos presentes no sangue combatem rapidamente a infecção. As amplas campanhas de vacinação contra a varíola humana, por exemplo, levaram à sua total erradicação no mundo. Entre as vacinas atualmente utilizadas, as que previnem a poliomielite e o sarampo têm se mostrado bastante eficazes.

Um problema mundial de saúde: gripe

Aproveite a explicação das siglas dos vírus da gripe compostas pelas letras H e N para trabalhar a atividade 21 do *Questões para exercitar o pensamento*.

Pandemias de gripe

1 Embora seja uma doença corriqueira, milhares de pessoas morrem anualmente em decorrência da infecção pelo vírus de gripe. Na grande pandemia ocorrida em 1918 e 1919, morreram entre 20 e 40 milhões de pessoas em todo o mundo, de todas as idades e classes sociais. Entre as vítimas estava Francisco de Paula Rodrigues Alves, o presidente da República do Brasil na época. Outras grandes pandemias foram a gripe asiática de 1957, que matou mais de 1 milhão de pessoas, e a gripe de Hong Kong de 1968, em que morreram cerca de 700 mil pessoas. A pandemia de gripe pelo vírus H1N1 de 2009 matou entre 151.700 e 575.400 pessoas, principalmente no sudeste asiático e na África, onde o acesso à prevenção e ao tratamento é limitado.

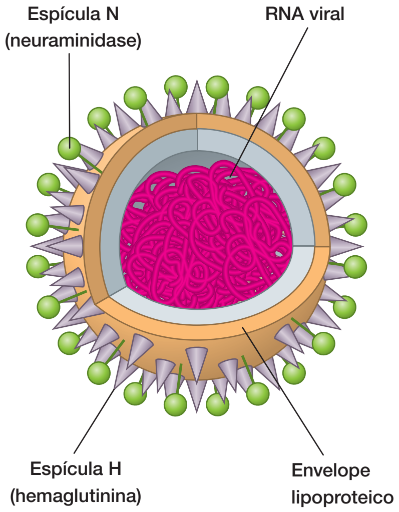
Variedade dos vírus de gripe

2 Há diversas variedades de vírus de gripe, todas incluídas no gênero *Influenzavirus*. Os vírions de gripe têm entre 80 e 120 nm de diâmetro e apresentam um envelope lipoproteico externo. Este envolve um nucleocapsídio que contém sete ou oito moléculas diferentes de RNA.

3 O envelope lipoproteico tem dois tipos de glicoproteínas características do vírus de gripe: a hemaglutinina, que constitui as espículas H, e a neuraminidase, que constitui as espículas N. As espículas recebem esse nome porque formam saliências pontiagudas no envelope membranoso do vírus. As espículas de hemaglutinina permitem que o vírus se ligue às células hospedeiras. As espículas de neuraminidase parecem ser importantes para que os vírus recém-formados sejam liberados da célula hospedeira.

4 As variedades de vírus de gripe são caracterizadas pelos tipos de espículas N e H que apresentam. Já são conhecidos dezesseis tipos de hemaglutininas e nove tipos de neuraminidases, que costumam ser identificados por um índice alfanumérico (H0, H1, H2 etc.; N1, N2 etc.). A gripe asiática que assolou o mundo em 1957, por exemplo, foi causada por uma variedade viral H2N2, que combinava espículas H do tipo 2 e espículas N do tipo 2. O vírus H5N1, por outro lado, que combina espículas H do tipo 5 e espículas N do tipo 1, é responsável por epidemias de gripe em aves que ocorrem na Ásia desde 1997. O vírus H5N1 raramente é transmitido para seres humanos; entretanto, quando isso ocorre, costuma ser fatal. Felizmente, ainda não foi registrado nenhum caso de transmissão desse vírus entre seres humanos.

5 Ao contrair gripe, a pessoa geralmente produz anticorpos contra as proteínas do vírus, incluindo as espículas H e N, tornando-se imune àquele tipo de gripe. Por isso, depois de um surto gripal, grande parte da população adquire imunidade contra o tipo de vírus causador. Em algumas pessoas, porém, podem surgir vírus mutantes dotados de espículas H e N ligeiramente diferentes das presentes na linhagem original, o que dificulta a atuação dos anticorpos produzidos. Os vírus mutantes podem provocar um novo surto da doença, nos meses de inverno, por exemplo, quando a resistência natural das pessoas diminui em virtude das variações climáticas.



ADILSON SECCO

Representação esquemática da estrutura de um vírus de gripe com parte do envelope removida para mostrar as moléculas de RNA. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) (Elaborada com base em Tortora, G. J. e cols., 1995.)

VÍRUS INFLUENZA QUE CAUSARAM GRANDES EPIDEMIAS*

Vírus	Atuação
H1N1	Causou a pandemia de gripe espanhola e é responsável pela pandemia de gripe de 2009.
H2N2	Causou a pandemia de gripe asiática.
H3N2	Causou a pandemia de gripe de Hong Kong.
H5N1	Causou a gripe de aves na Ásia.

* Elaborada com base em Tortora, G. J. e cols., 1995.

6 No Brasil, o Ministério da Saúde atua preventivamente contra a gripe, ministrando à população uma vacina antigripal produzida com uma mistura das formas virais mais comuns, em particular das que causaram gripe nos últimos anos, preferencialmente aos maiores de 60 anos, gestantes, crianças de 6 meses a 5 anos, indígenas, mulheres no período de até 45 dias após o parto e trabalhadores da área de saúde.

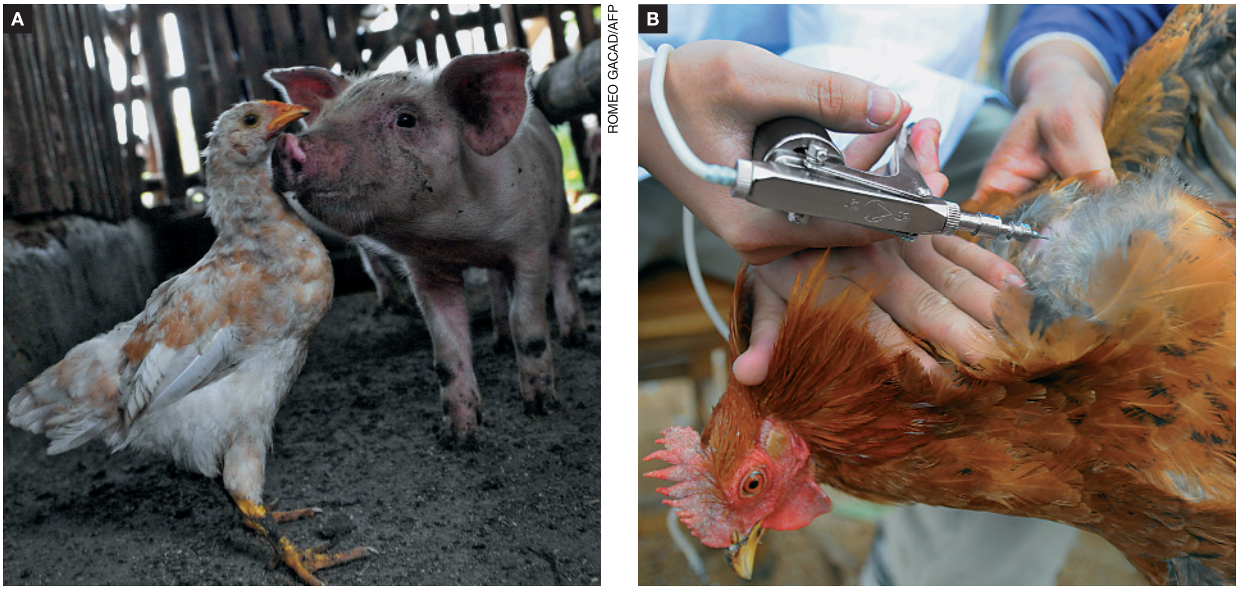
7 Variedades muito perigosas do vírus da gripe surgem esporadicamente por recombinação genética. Como os vírus têm oito moléculas de RNA diferentes em seu genoma, se uma célula é infectada simultaneamente por dois tipos diferentes de vírus, podem formar-se partículas virais com combinações de moléculas de RNA das duas variedades. Nesses casos, o vírus recombinante não é reconhecido pelo sistema imunitário e pode se reproduzir rapidamente, causando pandemias de gripe.

8 A Organização Mundial da Saúde mantém vigilância rigorosa e permanente sobre os surtos de gripe, tentando identificar rapidamente os novos vírus que surgem. Se são identificados logo, é possível produzir vacinas e imunizar grande parte da população antes que a epidemia atinja maiores proporções.

9 Outra preocupação dos órgãos de saúde pública é monitorar criadouros de aves e de porcos, cujos vírus de gripe podem eventualmente infectar seres humanos. Embora os vírus desses animais não sejam transmitidos de uma pessoa para outra, há risco de ocorrerem alterações na hemaglutinina viral, capacitando-os a infectar células humanas. Isso aconteceria tanto por mutação dos genes virais animais quanto por recombinação com o vírus de gripe humano. Por exemplo, uma célula infectada simultaneamente por um vírus de ave e por um vírus humano poderia originar novos tipos de vírus, com misturas dos dois tipos de RNA, eventualmente capazes de infectar células humanas. Esses novos vírus seriam perigosos porque, tendo parte de seus componentes proveniente do vírus de ave, não seriam reconhecidos pelo sistema imunitário humano por não ter tido contato prévio com ele.

10 No sudoeste asiático, foco inicial de várias epidemias de gripe, existem regiões em que marrecos são criados com porcos, constituindo um ambiente perigosamente favorável à recombinação entre vírus de animais domésticos e de humanos. Como os porcos podem ser infectados tanto por vírus de aves quanto por vírus humanos, o material genético de ambos os vírus pode recombinar-se em suas células, originando novos tipos virais. O vírus H1N1, responsável pela chamada "gripe suína", que teve início no México em 2009, pode ter surgido dessa maneira.

11 Recentes estudos genéticos da hemaglutinina do vírus da gripe aviária asiática mostraram que bastaria uma única mutação para permitir que esse vírus adquirisse a capacidade de se ligar a receptores humanos e, assim, ser transmitido de uma pessoa para outra.



ROMEO GACAD/AFP

IMAGINECHINA/CORBIS/CORBIS WIRE BY CORBIS/LATINSTOCK

A. Criação conjunta de galinhas e porcos em Manila (Filipinas, 2009). **B.** Veterinários aplicam vacina contra gripe aviária em galinhas, na China (2013).

Guia de leitura Responda em seu caderno

1 Leia o primeiro parágrafo, que aponta o agente causador da gripe e cita o exemplo de três grandes pandemias dessa doença. Para saber o significado exato do termo “pandemia”, consulte o item “Epidemias, endemias e pandemias” da página 29. Anote em seu caderno as épocas dessas pandemias de gripe, deixando um espaço ao lado para adicionar, como será solicitado adiante, a informação sobre os tipos de vírus específicos associados a cada uma.

2 No segundo parágrafo, aparece o conceito de “vírion”. Relembre-o no item “A estrutura viral” da seção 2.1. O que significa dizer que os vírions de gripe são “envelopados”?

3 Leia o terceiro parágrafo, que fala de dois importantes componentes do envelope do vírus de gripe. Quais são eles e quais suas funções para o vírus?

4 Leia o quarto parágrafo, que menciona a variedade de vírus quanto às espículas do envelope. Analise os dados do texto em conjunto com os da primeira figura deste quadro, que traz a representação esquemática da estrutura de um vírus de gripe. Com base nessa análise, complete os dados anotados em seu caderno, como solicitado no item 1 deste guia. A chamada “gripe suína”, que teve um surto rápido no país em 2009, é causada por qual tipo de vírus?

5 Leia o quinto parágrafo. Ele se refere a dois fenômenos: o desenvolvimento de imunidade na população após um surto de gripe e o aparecimento de novos surtos. Como o texto explica cada um deles?

6 No sexto parágrafo, menciona-se uma importante providência do Ministério da Saúde brasileiro para prevenir a gripe. Que providência é essa? Você já conhecia esse programa governamental? Algum de seus parentes ou conhecidos já foi atendido por ele?

7 Leia os parágrafos 7 e 8 e responda: a) como se explica o aparecimento de novas variedades de gripe causadoras de pandemias?; b) o que tem sido feito para monitorar essas situações?

8 Nos parágrafos 9, 10 e 11 fala-se da preocupação dos órgãos de saúde com o aparecimento de novas linhagens de vírus de gripe potencialmente perigosas. Resuma o mais sucintamente possível as ideias dos parágrafos. Caso tenha informações adicionais, acrescente um comentário pessoal sobre a chamada gripe suína.

2.2 Bactérias e arqueas

As bactérias têm sido a forma de vida mais abundante em nosso planeta nesses últimos 2,5 bilhões de anos. Bactérias e arqueas provavelmente foram os primeiros organismos a habitar a Terra e transformaram o ambiente que era inóspito, possibilitando o aparecimento e a evolução das demais espécies.

A estrutura da célula bacteriana

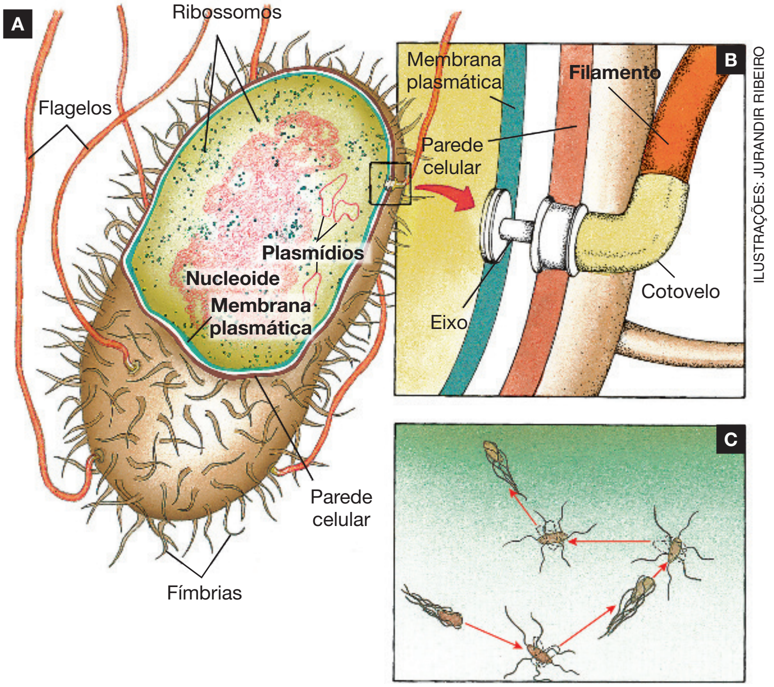
Bactérias são organismos unicelulares constituídos por células **procarióticas**, que se caracterizam por não ter núcleo nem organelas membranosas citoplasmáticas. Os outros organismos vivos (exceto vírus e arqueas) têm células eucarióticas, dotadas de núcleo e organelas citoplasmáticas.

A maioria das bactérias apresenta um envoltório externo rígido, a **parede bacteriana**, responsável pela forma da célula e por sua proteção. Internamente à parede bacteriana encontra-se a membrana plasmática lipoproteica que delimita o citoplasma, onde há milhares de pequenos grânulos, os ribossomos, responsáveis pela produção das proteínas.

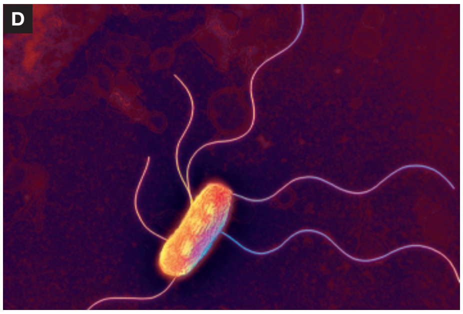
A célula bacteriana apresenta uma longa molécula de DNA cujas extremidades estão unidas. Nessa molécula “circular” de DNA, que constitui o **cromossomo bacteriano**, há alguns milhares de genes, necessários ao crescimento e à reprodução da bactéria. O cromossomo bacteriano geralmente se localiza na região central da célula, formando um emaranhado – o **nucleoide** – denominação utilizada pela semelhança, em termos genéticos, com o núcleo das células eucarióticas, onde se situam os cromossomos. Entretanto, o cromossomo bacteriano não é delimitado por um envoltório membranoso, como ocorre nas células eucarióticas.

Além do cromossomo, a célula bacteriana pode conter moléculas circulares de DNA menores, também com as extremidades unidas, denominadas **plasmídios**, cuja presença não é essencial à vida da bactéria. No entanto, possuir plasmídios pode ser vantajoso, uma vez que neles geralmente se localizam genes responsáveis pela destruição de substâncias eventualmente prejudiciais à bactéria.

Na superfície de muitas bactérias há filamentos proteicos móveis, os **flagelos bacterianos**, que atuam na movimentação. Estruturalmente diferentes dos flagelos das células eucarióticas, os flagelos bacterianos têm em sua base um motor molecular microscópico, cujo funcionamento segue princípios semelhantes aos dos motores elétricos: um rotor móvel gira dentro de um anel fixo à incrível velocidade de até 15 mil rotações por minuto. (Fig. 2.4)



ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

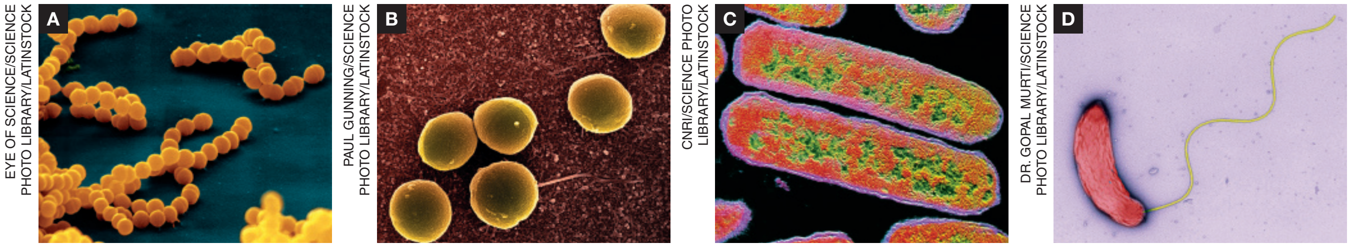


KWANGSHIN KIM/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

Figura 2.4 **A**. Representação esquemática de uma célula bacteriana parcialmente cortada para mostrar seu interior. **B**. Detalhe da base de um flagelo. **C**. Representação do deslocamento de uma bactéria impulsionada pelos flagelos. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) (Elaborada com base em Campbell, N. A. e cols., 1999.) **D**. Fotomicrografia da bactéria *Escherichia coli*, mostrando seus flagelos. (Microscópio eletrônico de varredura; aumento ≈ 2.300×; cores artificiais.)

Certas bactérias apresentam externamente à parede celular uma cobertura de consistência mucosa, a **cápsula bacteriana**. A composição da cápsula varia nas diferentes espécies de bactéria, podendo ser formada por polissacarídios, por proteínas ou por ambos. Esses componentes são produzidos no interior da célula e secretados, agregando-se à região externa da parede.

As inúmeras espécies de bactéria existentes hoje na Terra diferem quanto ao metabolismo, ao hábitat e à forma da célula. Muitas delas constituem agrupamentos, em que os participantes mantêm a individualidade e conseguem sobreviver quando separados do grupo. A forma da célula e o tipo de agrupamento são características importantes na classificação de bactérias. (Fig. 2.5)

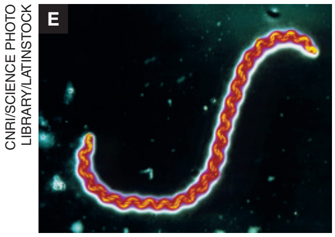


EYE OF SCIENCE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

PAUL GUNNING/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

CNRI/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

DR. GOPAL MURTI/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK



CNRI/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Figura 2.5 De **A** a **E**, fotomicrografias obtidas por microscópio eletrônico e colorizadas artificialmente de diferentes espécies de bactérias causadoras de infecções. **A.** *Streptococcus pyogenes*, causadora de diversas doenças, como escarlatina e faringite. (Aumento ≈ 5.100×.) **B.** *Staphylococcus aureus*, agente causador de doenças como pneumonia e endocardite. (Aumento ≈ 12.700×.) **C.** *Haemophilus influenzae*, causador de doenças respiratórias. (Aumento ≈ 19.000×.) **D.** *Vibrio cholerae*, causador do cólera. (Aumento ≈ 11.900×.) **E.** *Leptospira interrogans*, causador da leptospirose. (Aumento ≈ 20.600×.)

Nutrição das bactérias

As bactérias apresentam variadas formas de nutrição. Quanto a essa característica, podem ser separadas em dois grandes grupos: autotróficas e heterotróficas.

As **bactérias autotróficas** obtêm átomos de carbono — a matéria-prima básica para a produção de moléculas orgânicas — a partir de moléculas de gás carbônico (CO_2). Essas bactérias podem ser **fotossintetizantes**, quando a fonte de energia para a síntese de moléculas orgânicas é a luz, ou **quimiossintetizantes**, quando utilizam energia liberada em reações químicas inorgânicas.

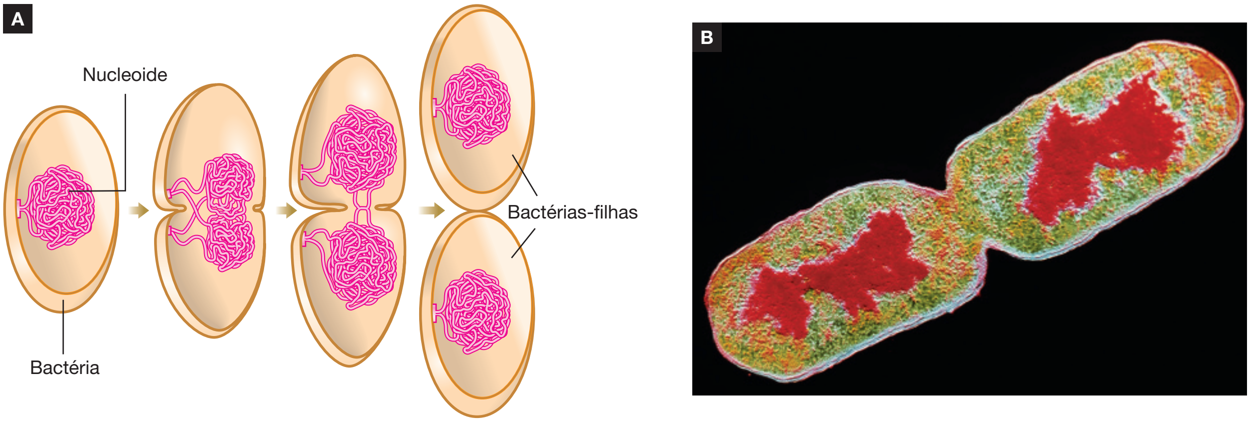
As **bactérias heterotróficas** obtêm átomos de carbono a partir de moléculas orgânicas e podem, de acordo com a origem do alimento, ser classificadas em saprofágicas ou parasitas. **Bactérias saprofágicas** (do grego *sapros*, podre, e *phagein*, comer) alimentam-se de cadáveres, fezes ou partes descartadas por seres vivos (folhas caídas, por exemplo). **Bactérias parasitas** alimentam-se de tecidos corporais de seres vivos e geralmente causam doenças.

Alguns tipos de bactérias heterotróficas obtêm energia apenas por meio da respiração aeróbica, que necessita de gás oxigênio (O_2) e, consequentemente, só sobrevivem quando esse gás está disponível; por isso, elas são chamadas de **bactérias aeróbicas**. Outras bactérias podem obter energia tanto por meio da respiração aeróbica quanto da fermentação. Por isso, elas são denominadas **bactérias anaeróbicas facultativas.** Há também bactérias, como as causadoras do tétano, que não toleram a presença de gás oxigênio, morrendo se expostas a ele. São as **bactérias anaeróbicas obrigatórias.**

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A reprodução das bactérias

As bactérias reproduzem-se assexuadamente por meio de **divisão binária**. Nesse processo, a célula bacteriana primeiramente duplica o cromossomo e em seguida divide-se ao meio, formando duas novas bactérias. Em algumas espécies bacterianas, em condições ideais, o processo se completa em apenas 20 minutos. Por isso, em poucas horas, uma única bactéria pode originar uma população bacteriana composta de milhões de células geneticamente idênticas. Os indivíduos originados de uma única célula por sucessivas reproduções assexuadas constituem o que os cientistas denominam **clone**. (Fig. 2.6)



CNRI/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

JURANDIR RIBEIRO

Figura 2.6 A. Representação esquemática do processo de divisão de uma célula bacteriana (em corte, para mostrar o nucleoide). (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) **B.** Fotomicrografia de bactéria *Escherichia coli* em divisão; a região central alaranjada é o nucleoide. (Microscópio eletrônico de transmissão; aumento ≈ 40.000×; cores artificiais.)

Processos de recombinação gênica em bactérias

Bactérias não apresentam reprodução sexuada. Entretanto, pode haver trocas de genes entre indivíduos da mesma espécie ou mesmo de espécies diferentes. Dessa forma, bactérias podem adquirir novas características genéticas ao captar DNA originário de outra bactéria.

A captação e a incorporação de DNA disperso no ambiente levam ao processo conhecido por **transformação bacteriana**; a célula bacteriana que absorveu o DNA é "transformada", passando a apresentar novas características hereditárias condicionadas pelo DNA incorporado.

Os cientistas têm se utilizado da transformação bacteriana para introduzir genes de diferentes espécies em células de bactérias hospedeiras. Essa foi a estratégia empregada para a produção em grande escala da insulina. Os cientistas conseguiram inserir o gene humano responsável por esse hormônio em plasmídios bacterianos que foram absorvidos por bactérias *Escherichia coli*, transformando-as. Os plasmídios multiplicam-se no interior da célula bacteriana e são transmitidos às células-filhas. Dessa forma, originam-se linhagens de bactérias que contêm o gene necessário para produzir insulina humana. Grande parte da insulina comercializada atualmente, utilizada no tratamento do diabetes melito, provém de bactérias transgênicas criadas em laboratório por meio da transformação bacteriana.

Certas bactérias podem adquirir novos genes por meio da **conjugação bacteriana**; nesse processo ocorre a transferência de DNA de uma bactéria (doadora) a uma bactéria receptora por meio de um pelo oco denominado "pelo sexual" ou *pilus* (plural: *pili*), que conecta as duas bactérias conjugantes.

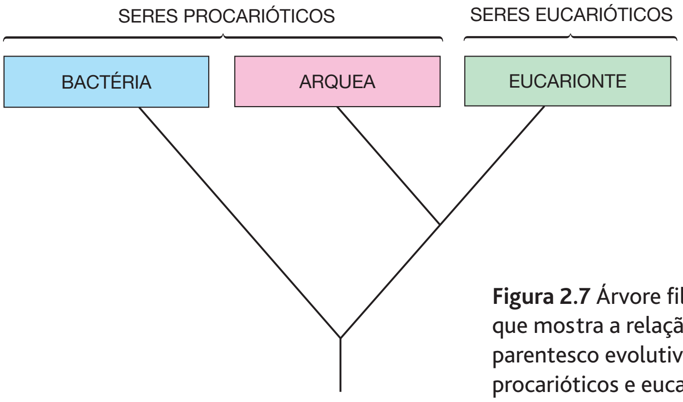
Um terceiro processo de aquisição de novos genes por bactérias é a **transdução bacteriana**, em que a transferência de segmentos de moléculas de DNA de uma bactéria para outra é promovida por vírus bacteriófagos. Nesse caso, bacteriófagos que se formam dentro de bactérias infectadas podem incorporar pedaços do DNA bacteriano. Depois da ruptura da bactéria hospedeira, vírus portadores de DNA bacteriano podem infectar outras bactérias e transferir a elas os genes bacterianos que transportavam. A bactéria infectada por esses vírus "vetores" eventualmente incorpora em seu cromossomo os genes recebidos do fago. Se este não destruir a bactéria, ela passará a se multiplicar, originando uma linhagem com novas características, adquiridas de outras bactérias por meio do fago.

As arqueas

Arqueas são seres procarióticos bastante semelhantes, em tamanho e aparência, às bactérias; por isso, só foram identificados como um grupo distinto há poucas décadas, graças ao emprego de técnicas de análise molecular. Uma diferença marcante entre bactérias e arqueas reside na organização e no funcionamento de seus genes.

As arqueas geralmente vivem em ambientes inóspitos à maioria dos outros seres vivos. Um grupo conhecido de arqueas é o das halófilas (do grego *halos*, sal, e *philos*, amigo), que habitam águas com alta concentração salina. Outro grupo reúne as termoacidófilas, arqueas que suportam condições extremas de acidez e temperatura, vivendo em fontes termais ácidas, onde a temperatura oscila entre 60 e 80 °C, ou em fendas vulcânicas nas profundezas oceânicas. Arqueas metanogênicas habitam as profundezas dos pântanos e o tubo digestivo de cupins e de outros animais herbívoros, onde produzem gás metano. Recentemente foram descobertas arqueas em ambientes gelados; acredita-se que elas possam ser relativamente abundantes nas águas superficiais da costa da Antártida.

Os estudos mostram que as arqueas são evolutivamente mais próximas aos organismos eucarióticos do que às bactérias. Isso é interpretado da seguinte maneira: nos primórdios da vida na Terra, um grupo de organismos unicelulares primitivos separou-se em duas linhagens, uma das quais deu origem às bactérias atuais, enquanto a outra se diversificou em duas, originando arqueas e seres eucarióticos; nestes últimos, a maioria das linhagens originou seres multicelulares. (Fig. 2.7)



ADILSON SECCO

Figura 2.7 Árvore filogenética que mostra a relação de parentesco evolutivo entre seres procarióticos e eucarióticos.

Ciência e cidadania

A importância das bactérias para a humanidade

Biotecnologia

1 Você sabia que em nosso corpo há 10 vezes mais células bacterianas que células humanas? A pele de uma pessoa, por exemplo, abriga em sua superfície cerca de 100 mil bactérias por cm^2; essa comunidade microscópica evita que agentes causadores de doenças, tais como vírus, outras bactérias, fungos etc., invadam nosso organismo. Além disso, as mitocôndrias de nossas próprias células são descendentes diretos de bactérias que, entre 1,6 bilhão e 2,1 bilhões de anos atrás, estabeleceram relação mutualística com os ancestrais das células eucarióticas.

2 O desenvolvimento científico e tecnológico tem levado, cada vez mais, ao uso de seres vivos em tecnologias úteis à humanidade, atividade conhecida genericamente como **biotecnologia**.

3 Embora tenham sido descobertos apenas no século XVII, os microrganismos já são empregados há muitos séculos em biotecnologias de produção de alimentos, como na fabricação de queijos, iogurtes, requeijões, vinagre, picles etc.

4 Bactérias também são utilizadas na indústria farmacêutica para a produção de antibióticos e vitaminas. O antibiótico neomicina, por exemplo, é produzido por uma bactéria do gênero *Streptomyces*. A indústria química também emprega bactérias para obter substâncias como o metanol, o butanol, a acetona etc. Nos grandes centros urbanos, as bactérias adquirem cada vez mais destaque como agentes decompositores da matéria orgânica dos esgotos domésticos e do lixo.

5 O potencial biotecnológico das bactérias aumentou nas últimas décadas devido ao desenvolvimento da tecnologia do DNA recombinante, também chamada de Engenharia Genética. Essa tecnologia consiste em um conjunto de técnicas que permite modificar geneticamente certas bactérias, fazendo-as produzir substâncias de interesse comercial. Hormônio de crescimento e insulina idênticos aos humanos já são "fabricados" por bactérias geneticamente transformadas pela Engenharia Genética.

Biorremediação

6 Biorremediação é a utilização de microrganismos, principalmente bactérias, para limpar áreas ambientais contaminadas por poluentes. O grande interesse por esse tipo de procedimento deve-se ao fato de a biorremediação ser mais simples, mais barata e menos prejudicial ao ambiente que os processos não biológicos atualmente usados, como recolher os poluentes e transportá-los para outros locais.

7 Como exemplo de biorremediação pode-se citar a utilização de bactérias do gênero *Pseudomonas* na descontaminação de ambientes poluídos por pesticidas ou por petróleo. *Pseudomonas* spp. e outras bactérias semelhantes oxidam diversos compostos orgânicos nocivos, transformando-os em substâncias inócuas ao ambiente. Atualmente as pesquisas têm se voltado para o estudo genético dessas bactérias, a fim de modificar seus genes e aumentar sua eficiência como despoluidoras.

Bactérias e doenças

8 Calcula-se que metade das doenças humanas seja provocada por **bactérias patogênicas** (do grego *pathos*, sofrimento, doença, e *genesis*, que gera). Ao penetrar no corpo humano, as bactérias instalam-se e multiplicam-se nos tecidos de diversos órgãos, causando as **infecções bacterianas**. A bactéria causadora da tuberculose, por exemplo, instala-se preferencialmente nos pulmões, embora também possa afetar outros órgãos.

9 Enquanto os vírus sempre penetram nas células, as bactérias geralmente vivem entre as células dos tecidos e nas superfícies e cavidades de órgãos. Salmonelas e micobactérias também podem invadir células hospedeiras e reproduzir-se em seu interior, porém não são parasitas intracelulares obrigatórios.

10 Muitos sintomas das infecções bacterianas são provocados por substâncias tóxicas (toxinas), que as bactérias eliminam, ou por substâncias presentes em suas paredes celulares.

11 Certas bactérias causam doenças apenas quando o sistema de defesa da pessoa está debilitado, por isso são denominadas **bactérias oportunistas**. A bactéria *Streptococcus pneumoniae*, por exemplo, não afeta a maioria das pessoas saudáveis, mas pode provocar pneumonia se as defesas corporais estiverem debilitadas. Por outro lado, um dos principais problemas da aids é fragilizar o sistema imunitário, abrindo caminho para uma série de infecções oportunistas que não afetariam pessoas sadias.

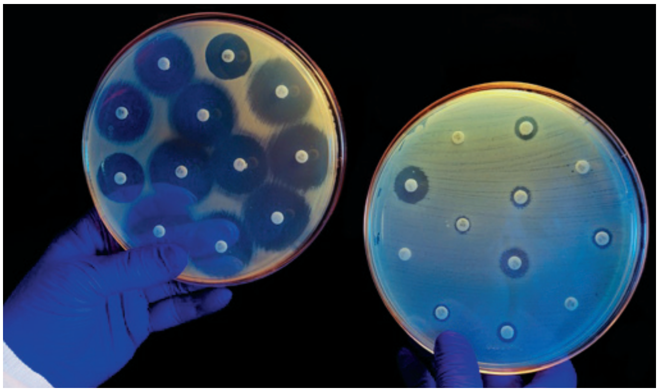
Tratamento e prevenção de doenças bacterianas

12 O tratamento das infecções bacterianas é feito com **antibióticos**, substâncias capazes de matar bactérias. O primeiro antibiótico foi descoberto em 1929 pelo médico escocês Alexander Fleming (1881-1955), que o extraiu de um fungo do gênero *Penicillium*; por isso, esse antibiótico recebeu o nome de penicilina. Dez anos depois, a penicilina foi industrializada e passou a ser produzida em grande escala.

13 Todos os antibióticos continuam sendo extraídos de bactérias e de fungos, mas atualmente grande parte deles é modificada por processos químicos para aumentar seu potencial de ação. Por esse motivo, eles são denominados antibióticos "sintéticos".

14 A prevenção de certas doenças bacterianas é feita pela **vacinação**. Há vacinas eficazes, por exemplo, contra o tétano e a coqueluche. A vacina antitetânica estimula nosso sistema de defesa por mais ou menos 10 anos, durante os quais ficamos protegidos das bactérias que causam a doença. Depois desse tempo, é necessária uma dose de reforço para continuar imunizado.

15 A higiene é a principal atitude preventiva contra muitas doenças bacterianas. As medidas higiênicas reduzem substancialmente as taxas de mortalidade infantil e aumentam o tempo médio de vida das pessoas. O conhecimento sobre a forma de transmissão das infecções bacterianas mais comuns pode nos ajudar a evitá-las.



UNIVERSAL IMAGES GROUP/DIOMEDIA

Aproveite a discussão sobre o uso de antibióticos para trabalhar o conceito de superbactérias e o uso de produtos de higiene pessoal com bactericidas (como sabonetes).

O exame denominado antibiograma é bastante utilizado em infecções bacterianas para testar a sensibilidade de bactérias (espalhadas pela placa de petri) a diferentes antibióticos e, assim, ajudar na escolha do mais eficaz para o tratamento. Os círculos vazios ao redor dos medicamentos (pastilhas brancas) indicam a suscetibilidade dos microrganismos ao antibiótico testado.

Guia de leitura

Responda em seu caderno

1 Leia o segundo e o terceiro parágrafos e responda: o que é biotecnologia? Baseando-se nos exemplos, pense em como essa prática é antiga. Pesquise a época em que teriam se desenvolvido as tecnologias mencionadas no parágrafo.

2 No quarto parágrafo fala-se em modernas biotecnologias que empregam bactérias. Comente brevemente o exemplo que mais chamou sua atenção.

3 Leia o quinto parágrafo, que afirma como a Engenharia Genética permitiu o desenvolvimento de tecnologias com o uso de bactérias. Resuma as principais ideias do parágrafo.

4 Leia o sexto e o sétimo parágrafos, referentes à biorremediação. Defina o termo e exemplifique.

5 Leia o oitavo, o nono e o décimo parágrafos, no item "Bactérias e doenças". Caracterize: a) bactérias patogênicas; b) infecção bacteriana; c) locais do corpo afetados e causas da doença.

6 Leia o parágrafo 11 e caracterize "bactérias oportunistas".

7 Nos parágrafos 12 e 13 comenta-se sobre a principal forma de tratamento de infecções bacterianas. Qual é ela? Explique brevemente.

8 Leia o décimo quarto parágrafo, que se refere a uma importante forma de prevenir doenças bacterianas. Qual é ela? Explique brevemente.

9 O último parágrafo menciona outra importante forma de prevenção de infecções, tanto bacterianas quanto virais. Qual é ela? Explique brevemente.

ATIVIDADES

Revendo conceitos, fatos e processos

Registre em seu caderno

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 1 a 5.

a) endemia
b) epidemia
c) pandemia
d) virose
e) zoonose viral

1. Uma doença causada por vírus é denominada (▬). 1. d

2. Fala-se em (▬) quando há um aumento súbito no número de casos de uma doença em uma população. 2. b

3. O termo (▬) refere-se a uma doença que se mantém em frequência praticamente constante em determinada região. 3. a

4. Uma doença viral em que a pessoa pode se infectar pelo contato com um animal portador do vírus é denominada (▬). 4. e

5. Quando uma doença atinge mais de um continente, em uma onda epidêmica que pode se prolongar por anos, fala-se em (▬). 5. c

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 6 a 10.

a) cromossomo bacteriano
b) divisão binária
c) flagelo bacteriano
d) nucleoide
e) plasmídio

6. (▬) é uma estrutura proteica filamentosa que algumas bactérias utilizam para se movimentar. 6. c

7. (▬) é molécula circular de DNA, cuja presença, embora vantajosa, não é essencial à vida de uma bactéria. 7. e

8. A molécula de DNA circular que contém os genes essenciais à vida de uma bactéria é a(o) (▬). 8. a

9. A região da célula bacteriana ocupada pelo material genético é chamada (▬). 9. d

10. O processo de reprodução das bactérias, em que um indivíduo origina dois, é a(o) (▬). 10. b

Escreva, em seu caderno, o termo a seguir que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 11 a 13.

a) aeróbica
b) anaeróbica facultativa
c) anaeróbica obrigatória
d) autotrófica fotossintetizante
e) autotrófica quimiossintetizante
f) heterotrófica parasita
g) heterotrófica saprofágica

11. Quando uma bactéria obtém energia a partir de reações químicas inorgânicas, diz-se que ela é (▬). 11. e

12. Uma bactéria (▬) utiliza o gás oxigênio em seus processos de obtenção de energia. 12. a

13. Uma bactéria que não sobrevive em presença de gás oxigênio é denominada (▬). 13. c

14. Os vírus distinguem-se de todos os seres vivos porque 14. c
a) são parasitas.
b) têm células procarióticas.
c) não têm estrutura celular.
d) não têm proteínas em sua constituição.

15. O material genético dos vírus é 15. d
a) sempre o DNA.
b) sempre o RNA.
c) sempre DNA e RNA.
d) DNA em alguns e RNA em outros.

16. A vacinação contra um vírus consiste em 16. b
a) impedir que vírus ativos penetrem no corpo.
b) injetar na pessoa agentes infecciosos atenuados, ou partes deles, que ativam as defesas corporais.
c) injetar na pessoa drogas especiais contra os vírus (quimioterapia).
d) injetar na pessoa antibióticos específicos contra doenças virais.

17. O processo de reprodução das bactérias é 17. b
a) assexuado, por esporulação.
b) assexuado, por divisão binária.
c) sexuado, por transdução.
d) sexuado, por conjugação.

18. Um organismo procariótico que vive em uma fonte termal ácida, suportando temperaturas entre 60 e 80 °C, é provavelmente um(a) 18. a
a) arquea.
b) bactéria anaeróbica obrigatória.
c) bactéria.
d) vírus.

Questões para exercitar o pensamento

Registre em seu caderno

19. Escreva um pequeno texto que compare vírus e bactérias quanto à estrutura geral e à reprodução.

20. A partir da leitura dos trechos de reportagens a seguir, elabore um texto dissertativo sobre a possibilidade de se encontrar bactérias em outros planetas.

Texto 1

[...]

Níveis considerados elevados de atividade microbiana foram descobertos na fossa das Marianas, localizada no oceano Pacífico e considerado o lugar mais profundo da crosta terrestre. Os achados foram publicados [...] no periódico "Nature Geoscience".

A fossa das Marianas, um rasgo de 2.550 km de comprimento, chega a alcançar 11 km de profundidade no abismo de Challenger.

Devido a sua extrema profundidade, a fossa está envolta em uma escuridão perpétua e possui temperaturas glaciais. [...]

Folha de S.Paulo, 17 mar. 2013. Disponível em: <http://folha.com/no1247864>. Acesso em: jan. 2016.

Texto 2

[...]

Uma resistente bactéria comum na Terra se adaptou de forma surpreendente a condições semelhantes às de Marte, como baixa pressão, frio e grande concentração atmosférica de dióxido de carbono, disseram cientistas, numa descoberta com implicações para a busca de vida extraterrestre. [...]"

Último Segundo. Disponível em: <http://ultimosegundo.ig.com.br/ciencia/2013-01-10/microbios-terrestres-poderiam-resistir-em-marte-diz-estudo.html>. Acesso em: jan. 2016.

21. Leia o trecho de reportagem a seguir e faça o que se pede. Aproveite a questão para incentivar os alunos a entrar em contato com pessoas a fim de conhecer as dúvidas e os equívocos mais frequentes em relação aos diversos tipos de gripe (aviária, suína, espanhola etc.). Algumas questões sobre o assunto podem ser feitas nas redes sociais ou ser compartilhadas por meio de aplicativos de mensagem.

[...]

O vírus H_7N_9 já infectou 109 pessoas na China desde sua descoberta, em março. A Organização Mundial da Saúde (OMS) disse não haver indícios, por enquanto, sobre como se dá a transmissão regular entre pessoas, mas acrescentou que ela é mais fácil do que no caso da cepa H_5N_1 – uma forma mais letal da gripe aviária, que já matou centenas de pessoas no mundo todo em uma década. A revista *Lancet* divulgou ontem um estudo no qual, pela primeira vez, os cientistas chineses encontraram uma associação direta entre o vírus H_7N_9 e as galinhas. As aves seriam as responsáveis pela transmissão do vírus para os seres humanos. [...]

Estado de S. Paulo, 26 abr. 2013. Disponível em: <www.estadao.com.br/noticias/impresso,taiwan-registra-seu-1-caso-de-gripe-h7n9-,1025669,0.htm>. Acesso em: jan. 2016.

Os alunos poderão se organizar em grupos e pesquisar sobre o assunto a fim de responder às questões que eventualmente surgirem.

Analise o texto jornalístico e consulte o quadro "Ciência e cidadania" intitulado *Um problema mundial de saúde: gripe* (páginas 30-32). Note que o quadro elucida aspectos relevantes dos vírus, como os tipos de espículas que eles apresentam. Sua tarefa é reescrever o trecho da matéria, acrescentando algumas explicações que possam torná-lo ainda mais acessível e informativo, como incluir o significado das letras e dos índices nos nomes dos vírus, entre outras informações. A seguir, elabore um infográfico para acompanhar o texto, baseado na ilustração do quadro e em outras que pesquisar.

Faça você mesmo!

Registre em seu caderno

22. Criando um infográfico: A experiência de Fred Griffith

O inglês Fred Griffith realizou, no final da década de 1920, uma experiência que revolucionou a Biologia, ao utilizar bactérias *Pneumococcus pneumoniae* (que provocam pneumonia) para sugerir que o material hereditário era o DNA. O experimento consistia, simplificadamente, em misturar uma linhagem não patogênica da bactéria com um extrato de bactérias mortas e esmagadas de uma linhagem patogênica. Surpreendentemente, surgiram dessa mistura linhagens patogênicas, que passaram a se multiplicar mantendo a capacidade de provocar a doença.

Pesquise sobre o assunto. Qual foi a importância da descoberta de Griffith para a Biologia? Quais foram as etapas de sua experiência? Que materiais de laboratório ele utilizou nesse experimento? Levante esses e outros dados importantes e elabore um infográfico detalhado sobre a experiência, nos moldes dos que acompanham matérias jornalísticas. Faça-o em tamanho grande e coloque-o no mural da escola, permitindo que os colegas vejam seu trabalho.

A Biologia no vestibular e no Enem

Registre em seu caderno

Questões objetivas

1. (PUC-SP)

Passadas três semanas do anúncio de que a gripe suína poderia se transformar numa pandemia mortal, o pânico que correu o mundo enfim se dissipou. O vírus influenza A (H1N1), deflagrador da doença, revelou-se bem menos letal do que se previa.

Veja, 20 maio 2009.

A transmissão do H1N1 ocorre por 1. d

a) ingestão de carne de porco.
b) ingestão de derivados de carne suína ou bovina.
c) contato com vários animais domésticos, especialmente mamíferos.
d) contato direto com pessoas portadoras do vírus.
e) um mosquito hospedeiro do vírus.

2. (Uerj) A alternativa que apresenta uma propriedade comum a todos os vírus é: 2. b

a) Replicam-se independentemente.
b) Possuem ácido nucleico e proteínas.
c) São formados por DNA e carboidratos.
d) Reproduzem-se de forma similar às bactérias.

3. (FUA-AM) Além do cromossomo, algumas bactérias contêm um pequeno DNA circular extra-cromossômico denominado 3. b

a) Z DNA.
b) plasmídio.
c) B DNA.
d) DNA linear.
e) P DNA.

4. (UEMS) Sobre os vírus é correta a afirmação: 4. b

a) Todos os vírus têm DNA na sua constituição.
b) Os vírus diferem dos seres vivos por serem acelulares.
c) Não necessitam de outros organismos para sua reprodução.
d) Não infectam células bacterianas.
e) É considerado um ser unicelular.

5. (UEMS) Componente que faz parte da estrutura dos vírus, formado por proteínas que, além de proteger o ácido nucleico viral, têm a capacidade de se combinar quimicamente com substâncias presentes na superfície das células hospedeiras, permitindo ao vírus reconhecer e atacar o tipo de célula adequado a hospedá-lo: 5. c

a) núcleo viral
b) envoltório lipídico
c) capsídio
d) DNA
e) RNA

6. (Fuvest-SP) Os bacteriófagos são constituídos por uma molécula de DNA envolta em uma cápsula de proteína. Existem diversas espécies, que diferem entre si quanto ao DNA e às proteínas constituintes da cápsula. Os cientistas conseguem construir partículas virais ativas com DNA de uma espécie e cápsula de outra. Em um experimento, foi produzido um vírus contendo DNA do bacteriófago T_2 e cápsula do bacteriófago T_4. Pode-se prever que a descendência desse vírus terá 6. c

a) cápsula de T_4 e DNA de T_2.
b) cápsula de T_2 e DNA de T_4.
c) cápsula e DNA, ambos de T_2.
d) cápsula e DNA, ambos de T_4.
e) mistura de cápsulas e DNA de T_2 e de T_4.

7. (PUC-SP) O termo "superbactérias" é atribuído às bactérias que desenvolvem resistência a, praticamente, todos os antibióticos. Vários fatores estão envolvidos na disseminação desses microrganismos multirresistentes, incluindo o uso abusivo de antibióticos, procedimentos invasivos (cirurgias, implantação de próteses médicas e outros) e a capacidade das bactérias de transmitir seu material genético. A partir da leitura do texto e de seus conhecimentos de biologia, é correto afirmar que 7. e

a) os antibióticos provocam alterações diretas no RNA, que é o material genético das bactérias.
b) os antibióticos provocam alterações diretas no DNA, que é o material genético das bactérias.
c) os antibióticos provocam alterações diretas nas proteínas bacterianas, uma vez que esses polipeptídios constituem o material genético desses procariontes.
d) bactérias portadoras de mutações provocadas por antibióticos perdem a capacidade de transmitir genes a seus descendentes.
e) na população em geral, e principalmente no ambiente hospitalar, há uma seleção de genes bacterianos que determinam resistência a antibióticos.

8. (UFSCar-SP) Determinado medicamento tem o seguinte modo de ação: suas moléculas interagem com uma determinada proteína desestabilizando-a e impedindo-a de exercer sua função como mediadora da síntese de uma molécula de DNA, a partir de um molde de RNA. Esse medicamento 8. c

a) é um fungicida.
b) é um antibiótico com ação sobre alguns tipos de bactérias.
c) impede a reprodução de alguns tipos de vírus.
d) impede a reprodução de alguns tipos de protozoários.
e) inviabiliza a mitose.

Questões discursivas

9. (UFG-GO) A maioria dos pesquisadores da área biológica considera complexa a tarefa de definir se os vírus são seres vivos ou seres não vivos. Apresente dois argumentos a favor e dois contra a inclusão dos vírus na categoria dos seres vivos.

10. (Fuvest-SP) Um estudante escreveu o seguinte em uma prova: "as bactérias não têm núcleo nem DNA".

Você concorda com o estudante? Justifique.

11. (UFRJ) Desde a Antiguidade, o salgamento foi usado como recurso para evitar a putrefação dos alimentos. Em algumas regiões tal prática ainda é usada para a preservação da carne de boi, de porco ou de peixe. Explique o mecanismo por meio do qual o salgamento preserva os alimentos.

Capítulo 3

Algas, protozoários e fungos

FABIO COLOMBINI

Cogumelos, como os mostrados na foto, são estruturas reprodutivas dos fungos basidiomicetos. Em suas lamelas, visíveis na parte inferior do "chapéu", formam-se esporos que se desprendem e germinam quando caem em locais adequados, originando novos fungos.

Nossas relações com protoctistas e fungos

Foi-se o tempo em que se questionava a importância de estudar ciências! Hoje, ninguém duvida que a educação científica é fundamental para entender a complexidade do mundo contemporâneo e exercer plenamente a cidadania. Esse fato torna-se evidente em cada tema biológico que abordamos. Este capítulo, por exemplo, trata de algas, protozoários e fungos. Será que esses seres são importantes em nossa vida?

Vamos pensar um pouco nas algas. Quem já passeou na praia certamente viu algas que lembram plantas, algumas parecidas com folhas de alface translúcidas. Algas macroscópicas como essas são uma minoria no grupo: a maior parte das algas é invisível a olho nu e flutua na superfície de mares e lagos. Apesar de serem individualmente tão pequenas, a importância das algas microscópicas é enorme. Por meio da fotossíntese, essas algas captam energia da luz solar e a transformam em energia química, que permanece armazenada nas substâncias orgânicas sintetizadas por elas. Ao servir de alimento para outros seres vivos, as algas transferem parte da energia que originalmente captaram da luz solar.

Se essas algas desaparecessem, a maioria dos seres marinhos também se extinguiria. E não apenas eles! Haveria uma drástica alteração em todo o planeta. Basta lembrar que a concentração de gás oxigênio na atmosfera, em torno de 21%, mantém-se constante graças à fotossíntese realizada principalmente por algas e bactérias do fitoplâncton marinho. Sem elas, o teor de gás oxigênio declinaria e a atmosfera terrestre deixaria de ser adequada à vida da maioria das espécies, incluindo a nossa.

Protozoários são seres microscópicos, talvez por isso, menos conhecidos que as algas. Muitos deles são inofensivos, mas há espécies responsáveis por doenças como a malária, o mal de Chagas e a doença do sono, entre outras. Conhecer os hábitos desses pequenos organismos pode nos ajudar a evitar os problemas que eles podem causar.

E os fungos, quem não conhece? Os apreciadores da boa culinária sabem como são saborosos alguns cogumelos, como os *champignons*. Certamente você também já ouviu falar de um grupo de fungos que é aliado da humanidade desde tempos antigos: as leveduras, ou fermentos, fungos microscópicos utilizados na fabricação de bebidas alcoólicas e do pão. E, já que estamos falando de culinária, não vamos esquecer dos fungos utilizados para produzir os mais variados tipos de queijo, como gorgonzola, *roquefort*, *camembert* etc.

Apesar de tantos aspectos positivos, fungos também causam doenças, algumas delas sérias. As micoses (do grego *mikos*, fungo) mais comuns são as frieiras, geralmente evitáveis com alguns cuidados simples, como enxugar bem os pés depois de lavá-los. Fungos se desenvolvem em ambientes úmidos e podem embolorar, por exemplo, roupas e acessórios de couro guardados em armários.

Mesmo essa capacidade dos fungos de deteriorar matéria orgânica tem suas vantagens: fungos decompositores e certas bactérias são os grandes recicladores da natureza. Eles decompõem os organismos mortos, libertando de seus corpos elementos químicos que serão reaproveitados por outros seres. Sem os decompositores, a Terra estaria repleta de cadáveres e faltaria matéria-prima para a renovação e a continuidade da vida. Retome e repense a pergunta feita no primeiro parágrafo deste texto: será que algas, protozoários e fungos são importantes em nossa vida?

A importância do assunto

Tratamos aqui de algas, protozoários e fungos, que estão mais ligados à nossa vida do que imaginamos. A classificação de algas e protozoários, que nesta obra foram reunidos no reino dos proctoctistas, tem se tornado cada vez mais complexa. Segundo a cladística, que hoje é a base das classificações modernas, um grupo taxonômico deve reunir apenas organismos que compartilham um ancestral comum no passado, exclusivo do grupo (relembre o capítulo 1). No entanto, há tamanha diversidade de origens para os protoctistas que seriam necessárias dezenas de filos (ou mesmo reinos) para classificá-los. Com isso, fica complicado para quem, como nós, não é especialista no assunto.

Assim, em vez de nos ocuparmos com detalhes da classificação, podemos reconhecer a diversidade, as características gerais e a importância de algas, protozoários e fungos. O olhar científico pode nos levar a perceber aspectos antes insuspeitados do mundo e de nossa relação com outros seres vivos. Quer saber mais sobre isso? Acompanhe-nos no estudo deste capítulo.

3.1 Algas

Características gerais

O termo **alga** não corresponde a nenhuma categoria taxonômica formal da classificação biológica. **Alga** denomina diversos tipos de organismos eucarióticos, fotossintetizantes, uni ou multicelulares. As algas multicelulares são semelhantes às plantas em certos aspectos, mas seus embriões, ao contrário do que ocorre com as plantas, não dependem do organismo materno para se nutrir.

As algas são bastante diversificadas e estão atualmente distribuídas em diversos filos. Algumas têm características tão peculiares que, segundo certos sistematas, deveriam constituir não apenas filos, mas reinos distintos. Na classificação adotada neste livro, os diversos filos de algas estão incluídos no reino Protoctista.

As algas unicelulares vivem no mar, em água doce e em superfícies úmidas. Elas são parte importante dos ecossistemas aquáticos, produzindo gás oxigênio e substâncias orgânicas que servem de alimento para outros níveis tróficos.

Dependendo da espécie de alga, as células podem conter um ou vários cloroplastos, organelas citoplasmáticas responsáveis pela fotossíntese. Na maioria das algas, as células são revestidas por uma parede celular composta de celulose, em geral combinada a outras substâncias, como o ágar, a carragenina, o carbonato de cálcio ($CaCO_3$), entre outras; algumas dessas substâncias têm importância econômica, como veremos adiante.

A diversidade

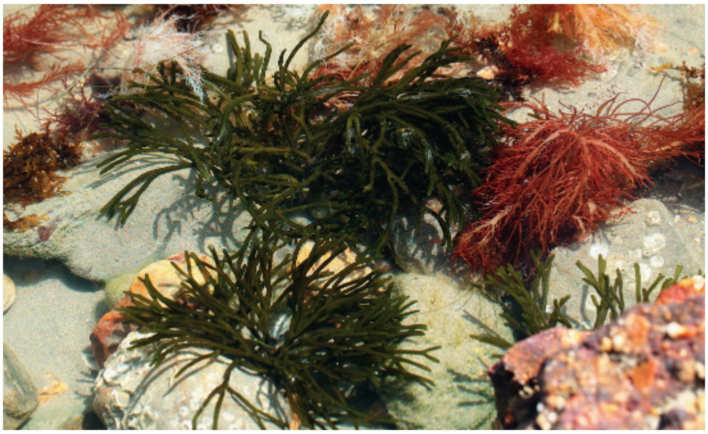

FABIO COLOMBINI

Figura 3.1 Variedade de algas macroscópicas comuns no litoral brasileiro (Jijoca de Jericoacoara, CE, 2012).

Estima-se o número de espécies atuais de algas entre 27 mil e 36 mil, quase um terço em ambientes marinhos. As algas microscópicas, que compõem a maioria das espécies, são abundantes nas camadas mais superficiais dos mares e dos grandes lagos. Nesses locais, juntamente com bactérias, protozoários, larvas de diversos animais, microcrustáceos etc., formam o plâncton (do grego *plankton*, errante). Os seres planctônicos fotossintetizantes, mais especificamente, constituem o **fitoplâncton**.

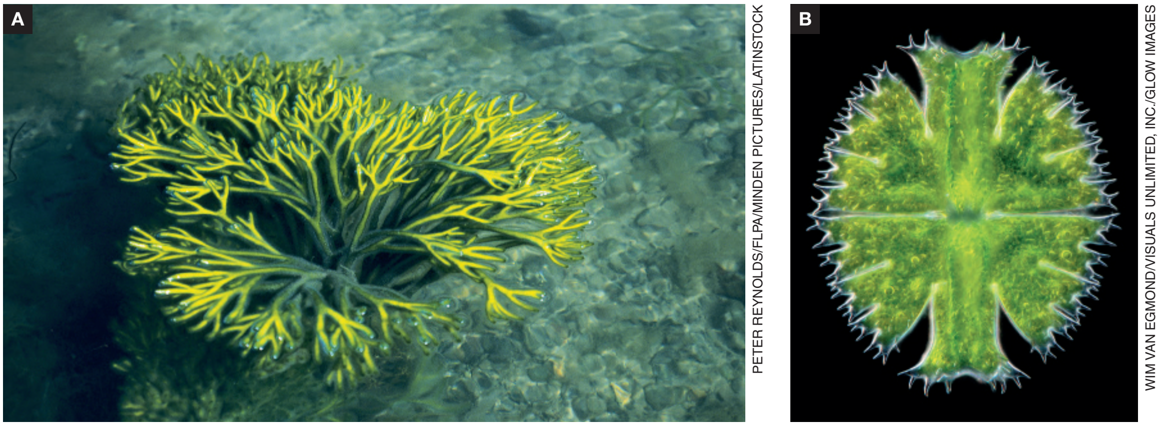
Nas espécies multicelulares, o "corpo" da alga é chamado **talo** e é formado por filamentos, lâminas ou estruturas compactas, que podem lembrar caules e folhas de plantas. (Fig. 3.1)

Nas classificações tradicionais, as algas são distribuídas em mais de uma dezena de filos, que se distinguem pela organização celular, pelos tipos de clorofila e de outros pigmentos, pelas substâncias de reserva e componentes da parede celular, pela reprodução etc. Vamos conhecer, a seguir, alguns desses grupos de algas.

As **clorófitas** (do grego *khloros*, verde), ou **algas verdes** – filo **Chlorophyta** –, vivem no mar, em água doce ou em superfícies úmidas; nessas últimas, podem formar películas esverdeadas e escorregadias conhecidas por limo.

Elas apresentam grande diversidade quanto à estrutura corporal; há desde espécies unicelulares, várias delas dotadas de flagelos, até espécies coloniais e multicelulares, cujo corpo é filamentoso ou em forma de lâmina. Algumas espécies de algas verdes vivem associadas a fungos, constituindo liquens. Outras são endossimbiontes e vivem dentro de células de animais aquáticos.

As algas verdes recebem atenção especial dos especialistas por apresentarem importantes características em comum com as plantas, entre elas a constituição da parede celular e a semelhança dos pigmentos fotossintetizantes. Essas e outras evidências sugerem que as plantas tenham surgido a partir de algas verdes de água doce, há cerca de 450 milhões de anos. (Fig. 3.2)



PETER REYNOLDS/FLPA/MINDEN PICTURES/LATINSTOCK
WIM VAN EGMOND/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 3.2 Representantes do grupo das clorófitas. **A.** Alga verde da espécie *Codium tomentosum*, que pode chegar a 25 cm de comprimento. **B.** Fotomicrografia de alga verde de água doce da espécie *Micrasterias apiculata*; cada organismo unicelular é formado por duas semicélulas, unidas pela região central. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 58×.)

As **diatomáceas** – filo **Bacillariophyta** – são algas unicelulares ou coloniais, com 20 μm a 200 μm de comprimento, em média, embora possam atingir até 2 milímetros. A maioria vive em mares frios e há também algumas espécies de água doce.

As diatomáceas chamam a atenção pelo grande número de espécies – mais de 10 mil – e por sua importante participação no fitoplâncton. Cerca de 25% da produtividade primária dos ecossistemas marinhos é atribuída a esse grupo de algas.

As células das diatomáceas são revestidas por uma carapaça de dióxido de silício (SiO_2), a sílica, o mesmo componente do vidro. A carapaça silicosa confere a muitas dessas algas um aspecto brilhante e iridescente. (Fig. 3.3)

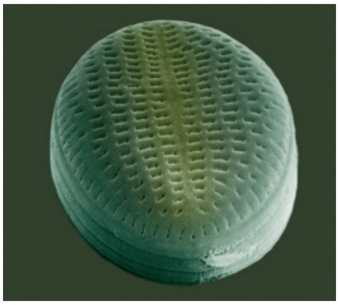

DR. HOWARD BERG/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 3.3 Fotomicrografia de diatomácea *Cocconeis placentula*, dotada de carapaça de sílica. (Microscópio eletrônico de varredura; aumento ≈ 2.300×; cores artificiais.)

Em certas regiões do fundo marinho, carapaças de diatomáceas acumularam-se ao longo de milhões de anos, formando camadas rochosas compactas conhecidas por **"terras de diatomáceas"** ou **diatomitos**. Os diatomitos foram empregados na antiguidade como material de construção, geralmente misturados à cal. Exemplos de obras construídas com diatomitos e que se conservam até hoje são os aquedutos de Roma, o porto de Alexandria e o canal de Suez. Por serem constituídos por carapaças vitrificadas microscópicas, os diatomitos têm granulosidade finíssima, sendo utilizados na indústria moderna como matéria-prima para a fabricação de polidores e filtros.

As **crisófitas** (do grego *chrysos*, dourado), ou algas douradas – filo **Chrysophyta** –, são algas unicelulares ou coloniais, com algumas espécies filamentosas. Apesar de fotossintetizantes, muitas delas ingerem bactérias e outras partículas orgânicas como forma alternativa de nutrição; algumas espécies não têm parede celular.

As algas douradas são abundantes em ambientes marinhos e de água doce; em certos lagos de regiões temperadas, essas algas podem ser o principal constituinte do fitoplâncton. (Fig. 3.4)

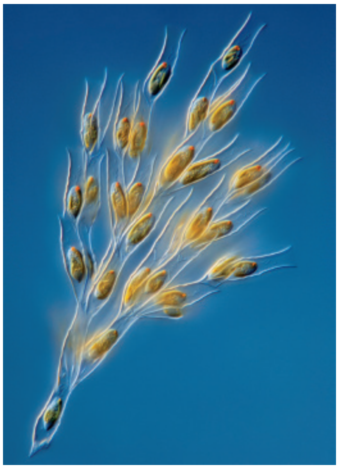

WIM VAN EGMOND/VISUALS UNLIMITED, INC/GLOW IMAGES

Figura 3.4 Fotomicrografia de alga dourada do gênero *Dinobryon*. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 67×.)

As **feófitas** (do grego *phaios*, marrom, escuro), ou algas pardas – filo **Phaeophyta** –, são quase todas multicelulares e vivem no mar. Feófitas macroscópicas, cujo talo lembra caules e folhas de plantas, são comumente encontradas nas praias. O tamanho dessas algas varia de poucos centímetros a mais de 40 metros de comprimento.

Uma alga parda típica dos mares tropicais pertence ao gênero *Sargassum*, abundante no Oceano Atlântico, perto do Arquipélago dos Açores, local que os antigos navegadores portugueses batizaram de Mar dos Sargaços. Na costa oeste da América do Norte vivem algas pardas gigantes, os *kelps*, ancoradas no fundo marinho e formando extensas "florestas" submersas, que servem de hábitat a uma grande diversidade de animais. (Fig. 3.5)

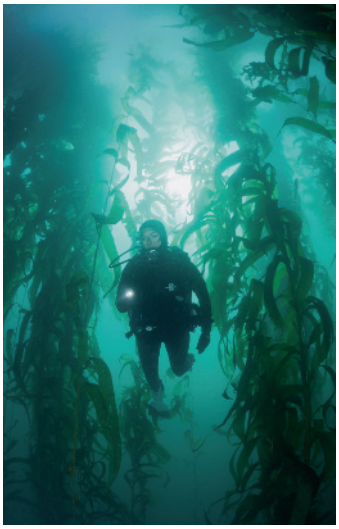
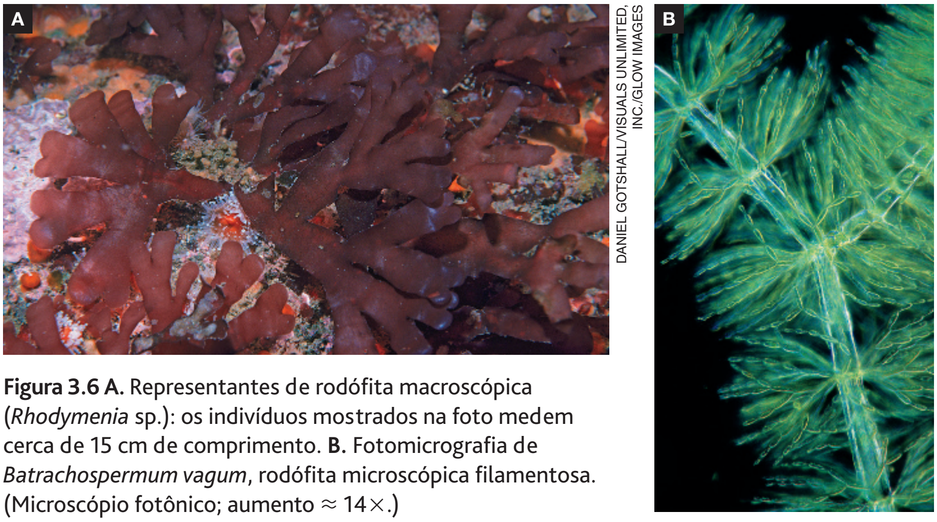

REINHARD DIRSCHERL/ULLSTEIN BILD/GETTY IMAGES

Figura 3.5 Mergulhador explora "floresta" de *kelps* (*Macrocystis pyrifera*), representantes das algas pardas (México, 2014).

As **rodófitas** (do grego *rhodos*, vermelho), ou algas vermelhas – filo **Rhodophyta** –, são quase todas multicelulares, exceto por algumas poucas espécies unicelulares. A maioria vive em mares tropicais e há cerca de uma centena de espécies de água doce.

As algas vermelhas geralmente vivem aderidas a rochas ou a outras algas, e há algumas espécies flutuantes. Certas rodófitas acumulam carbonato de cálcio nas paredes celulares, adquirindo uma rigidez semelhante ao coral, sendo por isso denominadas algas coralíneas. (Fig. 3.6)

Os **dinoflagelados** (do grego *dinos*, pião, rodopiar) estão reunidos no filo **Dinophyta** (ou Pyrrophyta) e são todos unicelulares. A maioria das espécies é marinha e, com diatomáceas e crisófitas, constitui parte importante do fitoplâncton marinho.



DANIEL GOTSHALL/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES
WIM VAN EGMOND/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 3.6 A. Representantes de rodófita macroscópica (*Rhodymenia* sp.): os indivíduos mostrados na foto medem cerca de 15 cm de comprimento. **B.** Fotomicrografia de *Batrachospermum vagum*, rodófita microscópica filamentosa. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 14×.)

A célula dos dinoflagelados é dotada de dois flagelos, utilizados para a locomoção. Muitas espécies apresentam revestimento constituído de placas de celulose dispostas como uma armadura, eventualmente contendo sílica associada. Há espécies sem parede celular, que vivem como simbiontes dentro de células de protozoários e de animais marinhos (cnidários, platelmintos e moluscos), constituindo o que se denomina **zooxantela**. Certos dinoflagelados não têm cloroplastos e sua nutrição é exclusivamente heterotrófica com espécies predadoras de protozoários.

Em condições adversas, como a escassez de nutrientes, muitos dinoflagelados podem perder os flagelos e formar cistos de resistência, capazes de sobreviver por anos em estado de dormência.

Dinoflagelados do gênero *Noctiluca* são responsáveis pelo fenômeno de bioluminescência do mar, visível à noite em certas épocas do ano, quando o movimento das ondas faz esses organismos emitirem uma tênue luz azul-esverdeada. (Fig. 3.7)

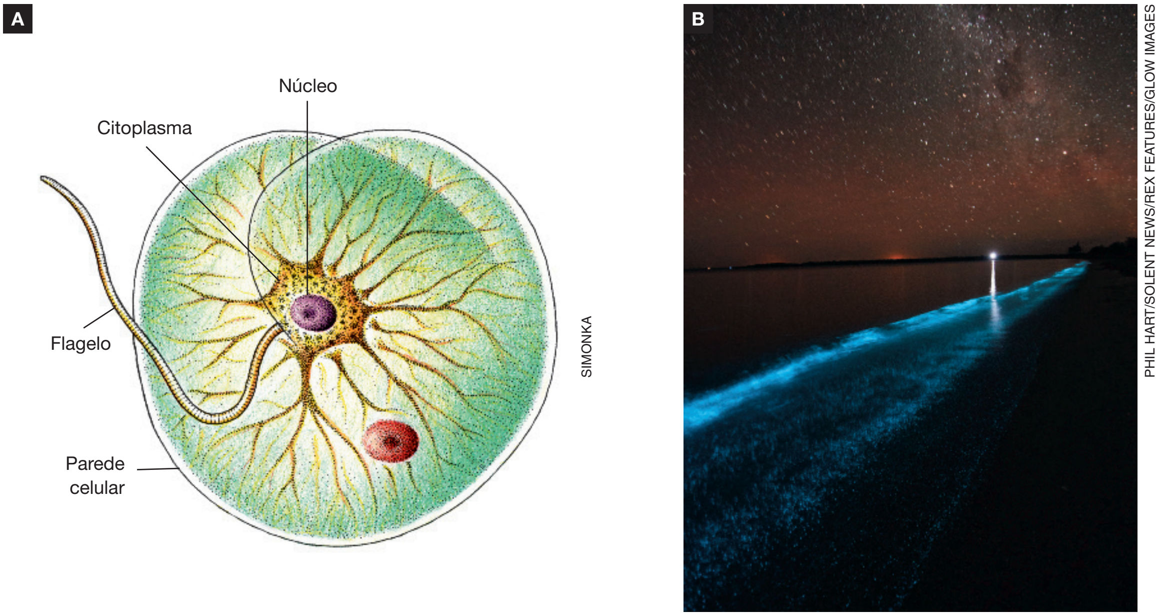
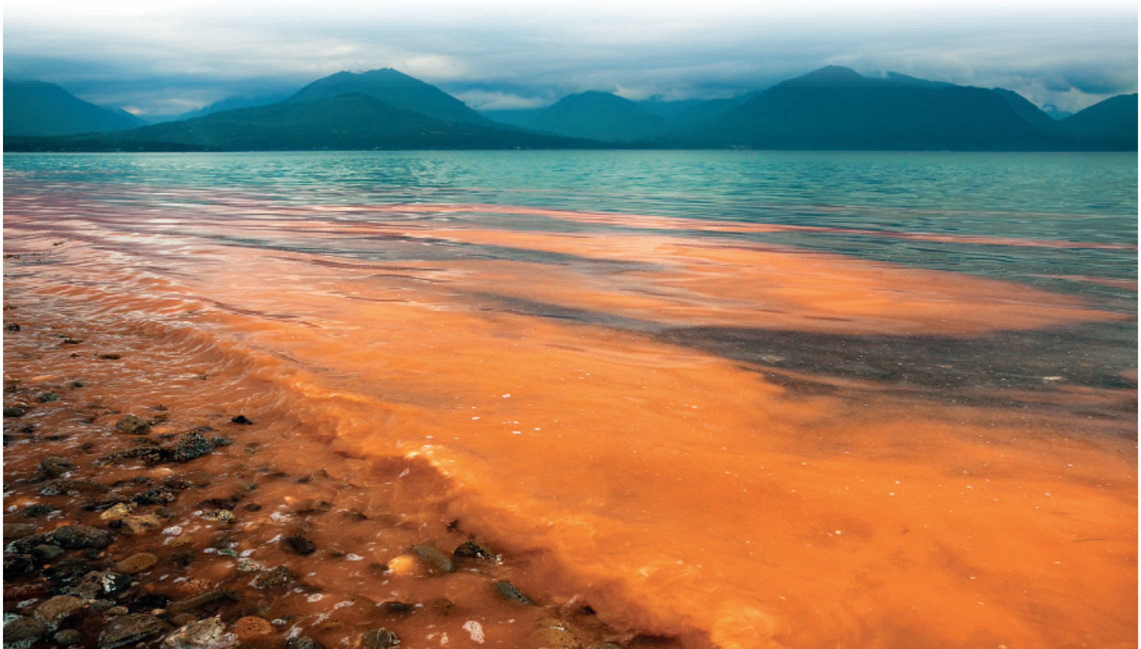


Figura 3.7 A. Representação esquemática de *Noctiluca* sp. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) **B.** Bioluminescência causada por dinoflagelados da espécie *Noctiluca scintillans* (Austrália, 2011).

Diversas espécies de dinoflagelado são capazes de causar a chamada **maré vermelha**, fenômeno em que a água do mar torna-se marrom-avermelhada devido à multiplicação intensa de algas perto do litoral. As substâncias tóxicas liberadas por esses dinoflagelados, também conhecidos como pirrófitas (do grego *pyrrhos*, fogo ou cor de fogo), causam a morte de peixes e outros animais marinhos e, eventualmente, podem intoxicar pessoas. (Fig. 3.8)

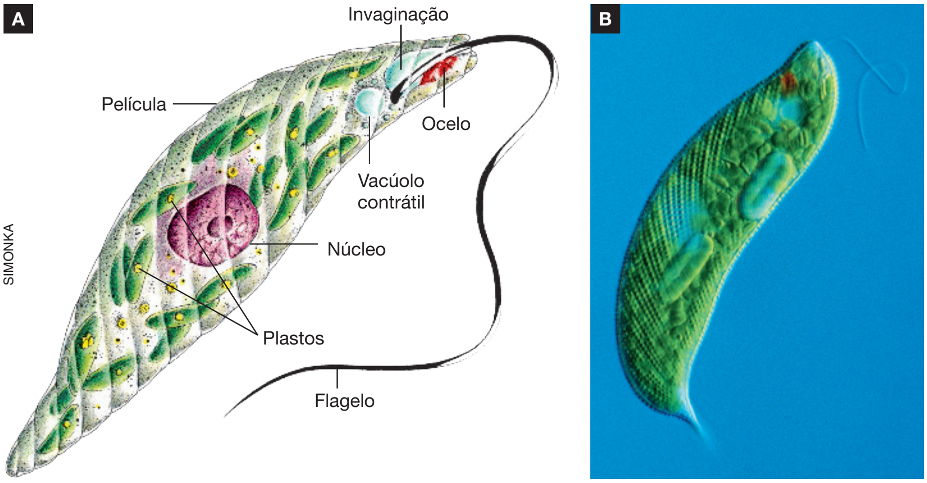


DON PAULSON PHOTOGRAPHY/SUPERSTOCK/GLOW IMAGES

Figura 3.8 Fenômeno da maré vermelha decorrente do aumento populacional explosivo de dinoflagelados (Estados Unidos, 2010).

Os **euglenoides** – filo **Euglenophyta** – são seres unicelulares revestidos por uma película flexível sob a qual há fibrilas contráteis, que permitem à célula contrair-se rapidamente. São predominantemente de água doce e, em geral, apresentam dois flagelos, um curto, que não chega a emergir da célula, e outro longo, empregado para a locomoção. Certas espécies apresentam um **ocelo**, estrutura capaz de perceber estímulos luminosos, perto da base do flagelo. Muitos euglenoides apresentam pigmentos fotossintetizantes e nutrição autotrófica, mas há espécies heterotróficas, que fagocitam suas presas.

Euglenoides de água doce têm uma bolsa membranosa intracelular bem desenvolvida, o **vacúolo contrátil**, ou vacúolo pulsátil, responsável pela eliminação periódica do excesso de água que entra na célula por osmose. (Fig. 3.9)


A
Invaginação
Película
Ocelo
Vacúolo contrátil
Núcleo
Plastos
Flagelo
B

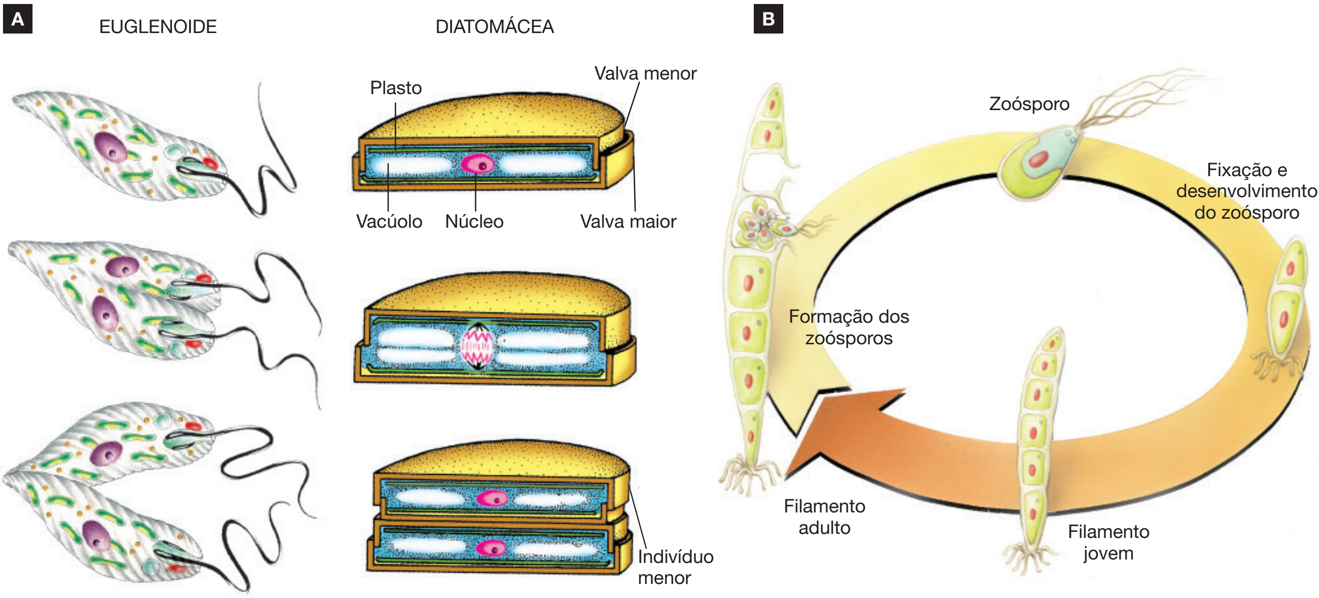
SIMONKA

WIM VAN EGMOND/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 3.9 A. Representação esquemática do euglenoide *Euglena viridis*. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) **B.** Fotomicrografia de *Euglena spirogyra.* A mancha vermelha no alto é o ocelo; abaixo dele, vê-se o vacúolo contrátil. Os dois corpos elípticos grandes são reservas de amido. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 80×.)

Reprodução e ciclo de vida

Algas unicelulares reproduzem-se assexuadamente por **divisão binária**. Por sua vez, algas multicelulares filamentosas podem se reproduzir por **fragmentação**, processo em que o talo simplesmente se parte e origina novos indivíduos. Diversas espécies reproduzem-se por **esporulação**, em que se formam assexuadamente células reprodutivas denominadas **esporos.** (Fig. 3.10)


A
EUGLENOIDE
DIATOMÁCEA
Plasto
Valva menor
Vacúolo
Núcleo
Valva maior
Indivíduo menor
B
Zoósporo
Fixação e desenvolvimento do zoósporo
Formação dos zoósporos
Filamento adulto
Filamento jovem

SIMONKA

JURANDIR RIBEIRO

Figura 3.10 A. Representação esquemática da divisão binária de um euglenoide e de uma diatomácea. Nesta última, após a divisão, há reconstituição da parte menor da carapaça, de modo que uma das diatomáceas-filhas sempre é ligeiramente menor que a outra. **B.** Representação esquemática da reprodução assexuada da alga verde filamentosa *Ulothrix* sp., que forma células flageladas chamadas zoósporos. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

O processo sexuado de reprodução das algas envolve fusão de gametas haploides com formação do zigoto diploide. Em algas unicelulares como *Chlamydomonas* sp., cada organismo se comporta como um gameta. Dois indivíduos haploides sexualmente maduros fundem-se e originam um zigoto diploide, que por meiose gera quatro células haploides. Cada uma dessas células é um novo organismo que, na maturidade, pode se reproduzir assexuadamente ou seguir o ciclo sexuado. (Fig. 3.11)

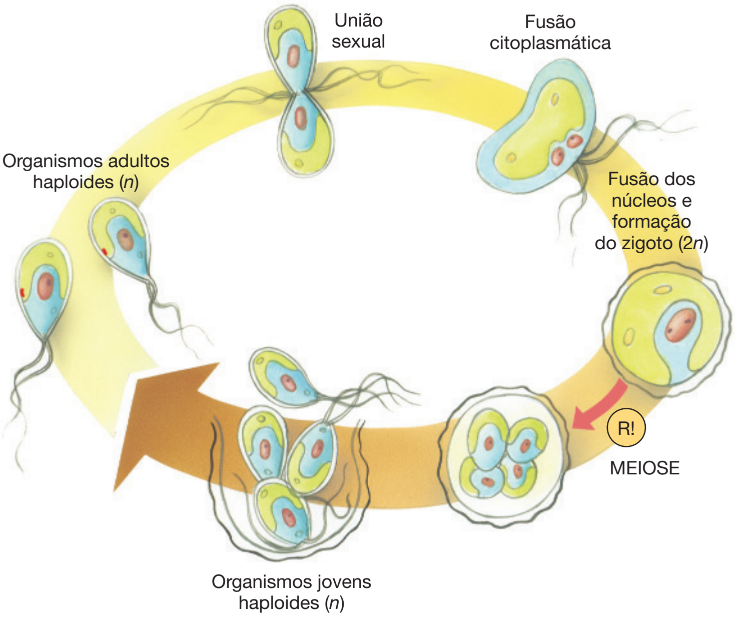

União sexual
Fusão citoplasmática
Organismos adultos haploides (*n*)
Fusão dos núcleos e formação do zigoto (2*n*)
R!
MEIOSE
Organismos jovens haploides (*n*)

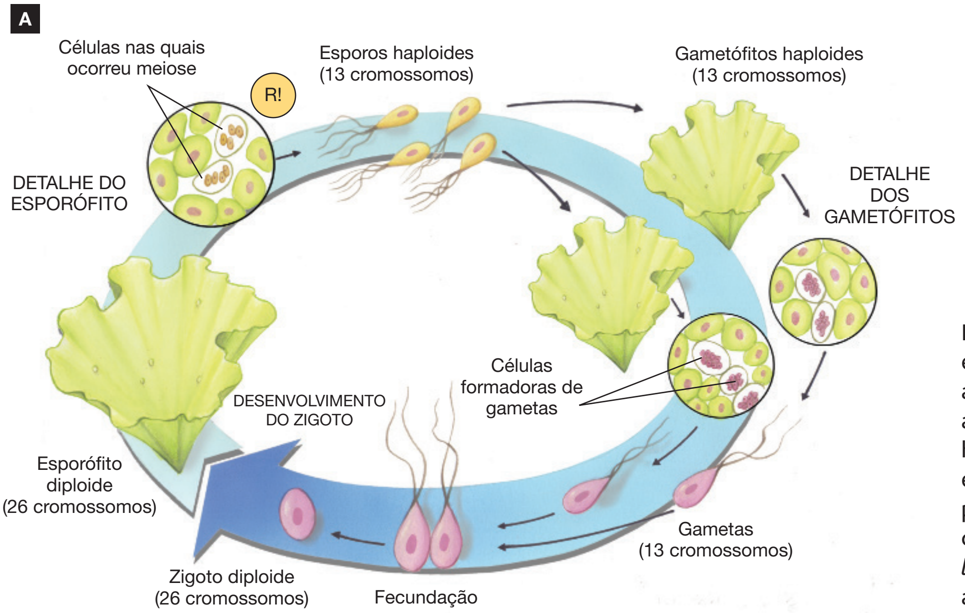
Figura 3.11 Representação esquemática do ciclo sexuado da alga verde unicelular *Chlamydomonas* sp. A meiose está representada por R!, que simboliza a redução cromossômica. Por ocorrer no zigoto, a meiose é denominada zigótica. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

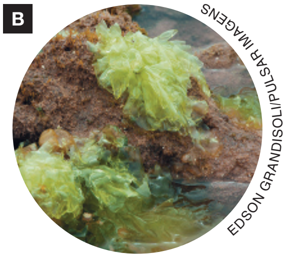
ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

No ciclo de vida de muitas algas multicelulares, gerações de indivíduos haploides (*n*) e diploides (2*n*) alternam-se, fenômeno denominado **alternância de gerações**.

As algas verdes do gênero *Ulva,* por exemplo, apresentam dois tipos de talo de aparência muito semelhante, mas constituídos por células diploides ou por células haploides. Indivíduos de talos diploides, chamados **esporófitos**, apresentam células que, na maturidade, passam por meiose e originam esporos haploides; por isso fala-se que a meiose é espórica. Os esporos libertam-se do talo que os formou e germinam, originando talos haploides.

Os indivíduos de talos haploides, denominados **gametófitos**, apresentam células que se multiplicam por mitose e, na maturidade, se diferenciam em gametas flagelados. Estes se libertam do gametófito e fundem-se dois a dois, produzindo zigotos diploides. O desenvolvimento de um zigoto origina um novo talo diploide (esporófito), que na maturidade repetirá o ciclo. (Fig. 3.12)


A
Células nas quais ocorreu meiose
R!
Esporos haploides (13 cromossomos)
Gametófitos haploides (13 cromossomos)
DETALHE DO ESPORÓFITO
DETALHE DOS GAMETÓFITOS
Células formadoras de gametas
DESENVOLVIMENTO DO ZIGOTO
Esporófito diploide (26 cromossomos)
Gametas (13 cromossomos)
Zigoto diploide (26 cromossomos)
Fecundação



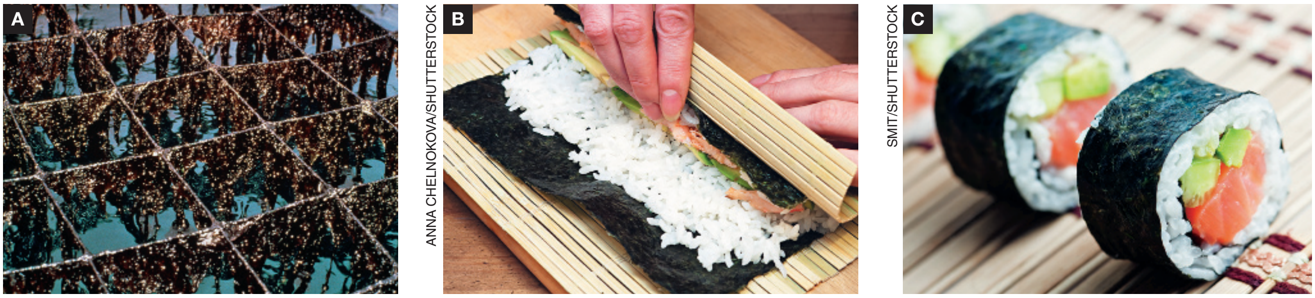
EDSON GRANDISOLI/PULSAR IMAGENS

Figura 3.12 A. Representação esquemática do ciclo sexuado da alga verde multicelular *Ulva lactuca*, a alface-do-mar. Nesse organismo há alternância de talos haploides e diploides. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) **B.** Talos de *U. lactuca* sobre uma rocha (medem aproximadamente 10 cm de altura).

A importância econômica

Diversas espécies de alga são comestíveis. As mais utilizadas como alimento, principalmente pelos povos orientais, são as algas pardas, as vermelhas e as verdes.

Algas vermelhas do gênero *Porphyra*, depois de secas e prensadas, transformam-se em folhas crocantes, empregadas no preparo de *sushis* e de outros pratos da culinária japonesa. Do ponto de vista nutricional, as algas são ricas em vitaminas e minerais essenciais. (Fig. 3.13)



BIOPHOTO ASSOCIATES/ SCIENCE SOURCE/DIOMEDIA

ANNA CHELNOKOVA/SHUTTERSTOCK

SMIT/SHUTTERSTOCK

Figura 3.13 **A.** A alga marinha vermelha *Porphyra* sp., chamada de *nori* pelos japoneses, tem cor violeta-escura. **B.** *Sushi* sendo preparado com peixe fresco, arroz e *nori*. **C.** *Sushis* prontos e cortados, com o prensado da alga *nori* envolvendo cada pedaço.

Aproveite para pedir aos alunos que analisem os ingredientes que compõem os diversos alimentos consumidos por eles (seja os alimentos que eles trouxeram para a escola, seja alimentos de casa) e os ingredientes que compõem produtos de higiene e beleza para que eles possam perceber a importância das algas na indústria de alimentos e de cosméticos.

Certas algas vermelhas são fonte de polissacarídios economicamente importantes, como as carrageninas e o ágar. As carrageninas são amplamente utilizadas como estabilizantes e clarificantes pela indústria alimentícia. O ágar, além de ser empregado como espessante de alimentos, é utilizado em laboratórios de pesquisa na preparação de meio de cultura para microrganismos.

As algas pardas apresentam em suas paredes celulares o alginato, substância empregada pelas indústrias farmacêuticas, têxteis e de cosméticos, assim como na fabricação de sorvetes, achocolatados, cerveja, creme dental etc. Isso ilustra a versatilidade das substâncias produzidas pelas algas.

3.2 Protozoários

Características gerais

O termo **protozoário** (do grego *protos*, primitivo, primeiro, e *zoon*, animal) designa organismos unicelulares heterotróficos, atualmente distribuídos em diversos filos. Em algumas classificações, esses filos são agrupados no sub-reino **Protozoa**.

A maioria dos protozoários vive em água doce ou salgada, em regiões lodosas e em terra úmida, alimentando-se tanto da matéria orgânica de cadáveres (hábito saprofágico) como de microrganismos vivos, que podem ser bactérias, algas e outros protozoários. Há espécies de protozoários parasitas que habitam o interior do corpo de animais invertebrados e vertebrados, incluindo a espécie humana, em muitos casos causando doenças. Há também protozoários que trocam benefícios com outros seres vivos em uma relação de mutualismo, como é o caso dos que vivem no intestino dos cupins.

O tamanho dos protozoários varia entre 10 μm e 50 μm, mas alguns podem atingir 1 milímetro de comprimento. A organização celular dos protozoários é complexa e há organelas bem desenvolvidas, como o vacúolo digestivo, no qual ocorre a digestão intracelular das partículas de alimento ingeridas por fagocitose.

Certos protozoários apresentam uma região celular especializada na fagocitose, o **citóstoma**, pelo qual são ingeridos fluidos e partículas.

Alguns têm também uma região especializada na eliminação de restos da digestão intracelular, o **citoprocto**. Em espécies de água doce, há vacúolos contráteis bem desenvolvidos e ativos. Esses vacúolos garantem a eliminação do excesso de água que penetra na célula por osmose.

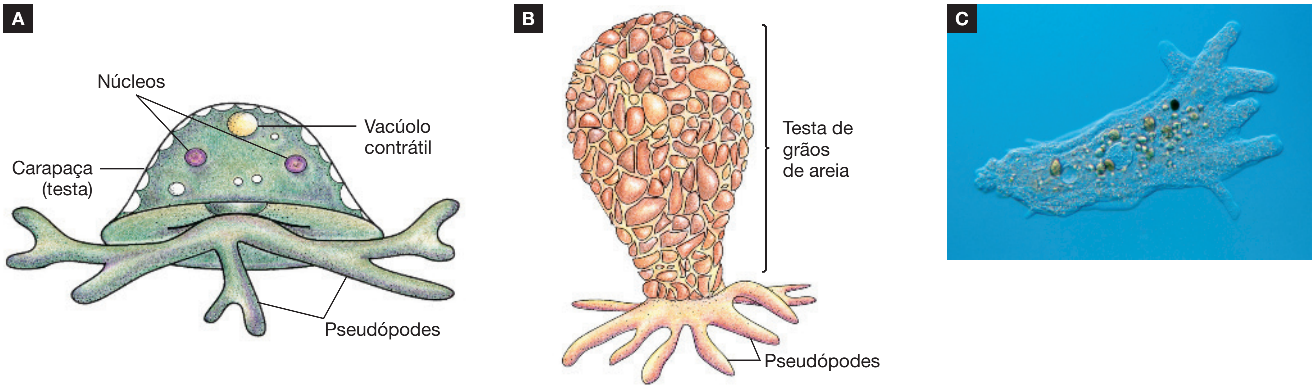
Protozoários como as amebas movimentam-se por meio de pseudópodes, enquanto protozoários flagelados e ciliados movimentam-se por flagelos ou cílios, respectivamente. Protozoários do filo Apicomplexa, embora desprovidos de estruturas de locomoção, podem executar movimentos lentos por ação de filamentos proteicos localizados internamente à sua membrana plasmática.

A diversidade

A classificação dos protozoários ainda é muito controversa. Esses organismos possivelmente descendem de várias linhagens ancestrais e, segundo a cladística, deveriam ser distribuídos em dezenas de grupos distintos. No sistema de classificação que adotamos, os protozoários estão divididos em seis filos do Reino Protoctista.

Os **rizópodes** – filo **Rhizopoda**, ou Sarcodina – são protozoários que se locomovem por meio de pseudópodes, projeções da célula também empregadas na captura de alimento. Seus representantes mais conhecidos são as amebas. Há espécies de água doce e marinhas, vivendo sobre os fundos e sobre a vegetação submersa. (Fig. 3.14)

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA



WIM VAN EGMOND/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 3.14 Representantes do filo Rhizopoda. Representações esquemáticas de *Arcella* sp. (**A**), cuja carapaça é constituída por uma proteína rígida, e de *Difflugia* sp. (**B**), rizópode marinho que agrega e cimenta grãos de areia microscópicos para constituir sua testa. (Em **A** e **B**, elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) **C.** Fotomicrografia de *Amoeba proteus*. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 10×.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Certas espécies de ameba vivem no corpo humano sem causar prejuízo, em um tipo de relação chamada comensalismo. Exemplos de amebas comensais humanas são *Entamoeba gingivalis*, que vive na boca, e *Entamoeba coli*, que vive no intestino. Por outro lado, *Entamoeba histolytica* é parasita e provoca nas pessoas a doença conhecida por **amebíase**, ou disenteria amebiana.

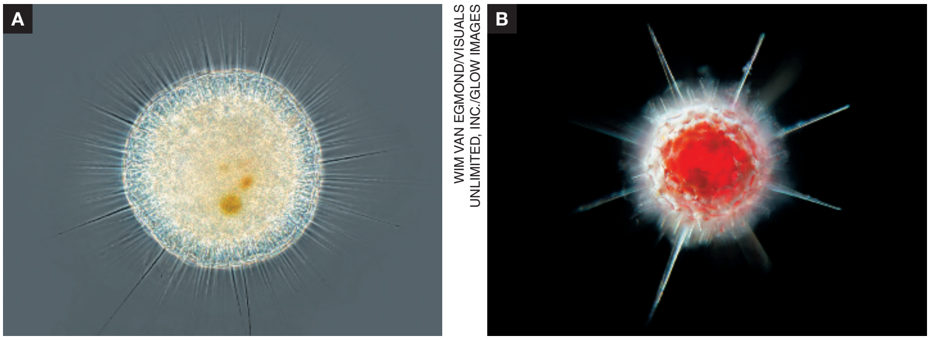
Os **actinópodes** – filo **Actinopoda** – são protozoários dotados de pseudópodes filamentosos, sustentados por um eixo central, que se projetam como raios em torno da célula, os axópodes. Há dois grupos principais de actinópodes: radiolários e heliozoários.

Os **radiolários** vivem exclusivamente no mar, fazendo parte do zooplâncton. Sua célula apresenta uma cápsula interna central, esférica e perfurada, composta de quitina, ligada a um microesqueleto formado por espículas de sílica ou de sulfato de estrôncio ($SrSO_4$).

Muitos radiolários abrigam em seu citoplasma zooxantelas (algas endossimbióticas), em geral crisófitas e diatomáceas. A abundância de radiolários, hoje e no passado, é evidenciada pelas extensas camadas de microesqueletos desses organismos, acumuladas no fundo oceânico.

Os **heliozoários** vivem, em sua maioria, na água doce. Eles têm forma esférica e podem apresentar estruturas esqueléticas. Algumas espécies habitam o fundo de lagos de água doce ou a vegetação submersa, capturando ativamente alimento pela fagocitose realizada por seus axópodes. (Fig. 3.15)

M. I. WALKER/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK



WIM VAN EGMOND/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 3.15 Representantes do filo Actinopoda. **A.** Fotomicrografia do heliozoário de água doce *Actinosphaerium* sp. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 70×.) **B.** Fotomicrografia do radiolário *Actinomma delicatulum*, que faz parte do plâncton marinho. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 28×.)

Os **foraminíferos** – filo **Foraminifera** – são protozoários dotados de uma carapaça externa constituída de carbonato de cálcio, quitina ou mesmo fragmentos calcários ou silicosos selecionados da areia. A carapaça apresenta numerosas perfurações, pelas quais saem pseudópodes finos e delicados, utilizados na captura de alimento.

A maioria dos foraminíferos vive no mar. Muitas espécies são flutuantes, constituindo parte do plâncton, enquanto outras rastejam no fundo ou vivem aderidas a algas e animais.

Os foraminíferos foram muito abundantes nos mares do passado. Suas microcarapaças formaram extensos depósitos no fundo dos oceanos, originando rochas sedimentares calcárias denominadas **vasas**. As grandes pirâmides do Egito foram construídas com vasas formadas por carapaças de foraminíferos do gênero *Nummulites*, hoje extintos, mas muito comuns nos mares de 100 milhões de anos atrás.

A presença de determinados foraminíferos está relacionada a rochas sedimentares que contêm petróleo. Por isso, encontrar certos tipos de carapaça de foraminíferos na prospecção petrolífera é um forte indicador da existência de petróleo no local. (Fig. 3.16).

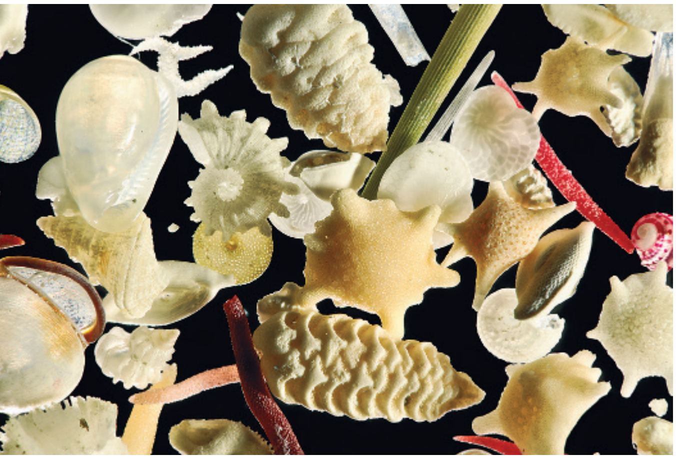
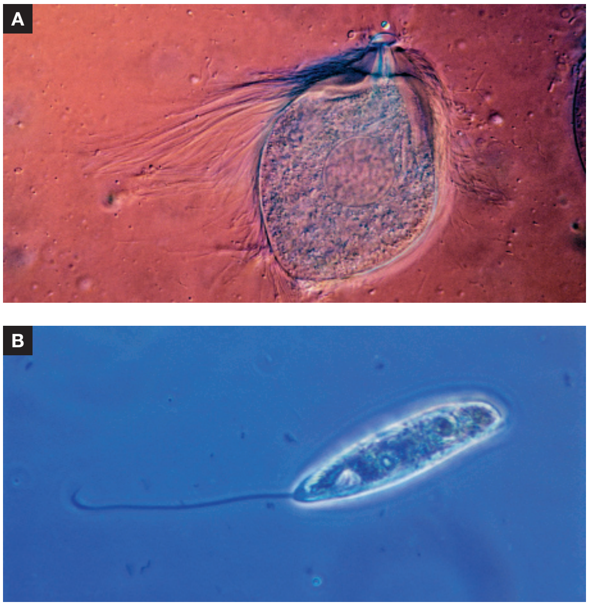

SOLVIN ZANKL/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 3.16 Diversidade de carapaças de foraminíferos, entre outros organismos, encontradas em areia de praia na Indonésia. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 30×.)



MICHAEL ABBEY/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

M. I. WALKER/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

Figura 3.17 Fotomicrografias de representantes do filo Zoomastigophora. **A.** *Trichonympha ciliate*, flagelado que vive no intestino dos cupins, auxiliando-os na digestão da madeira. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 230×.) **B.** *Peranema trichophorum*, flagelado de água doce. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 340×.)

Os **apicomplexos**, ou esporozoários – filo **Apicomplexa** –, são protozoários endoparasitas destituídos de estruturas locomotoras e dotados, em algum estágio do ciclo de vida, de uma estrutura celular proeminente, o complexo apical (daí o nome do grupo). É com o complexo apical que eles conseguem perfurar as células hospedeiras, invadindo-as. A denominação Sporozoa, antigamente empregada para designar o filo, refere-se ao fato de muitos representantes do grupo formarem esporos em algum estágio de seus ciclos de vida.

Diversas espécies de apicomplexos causam doenças em invertebrados (insetos e minhocas), em aves e em mamíferos, inclusive na espécie humana. Dependendo da espécie, o protozoário pode viver no interior de células, no sangue, em cavidades ou em outros locais do corpo do hospedeiro. Representantes conhecidos dos apicomplexos são os do gênero *Plasmodium*, que causa malária, o *Toxoplasma gondii*, que provoca toxoplasmose, e o *Pneumocystis carinii*, que causa pneumonia em pessoas com deficiência no sistema imunitário (imunodeprimidas). O *P. carinii* tornou-se relevante para a saúde humana com o início da epidemia de aids, no começo dos anos 1980.

Os **flagelados** – filo **Zoomastigophora** – são protozoários que se locomovem pela movimentação de estruturas filamentosas em forma de chicote, os **flagelos**. Geralmente a célula contém um ou dois flagelos, mas há espécies com dezenas deles.

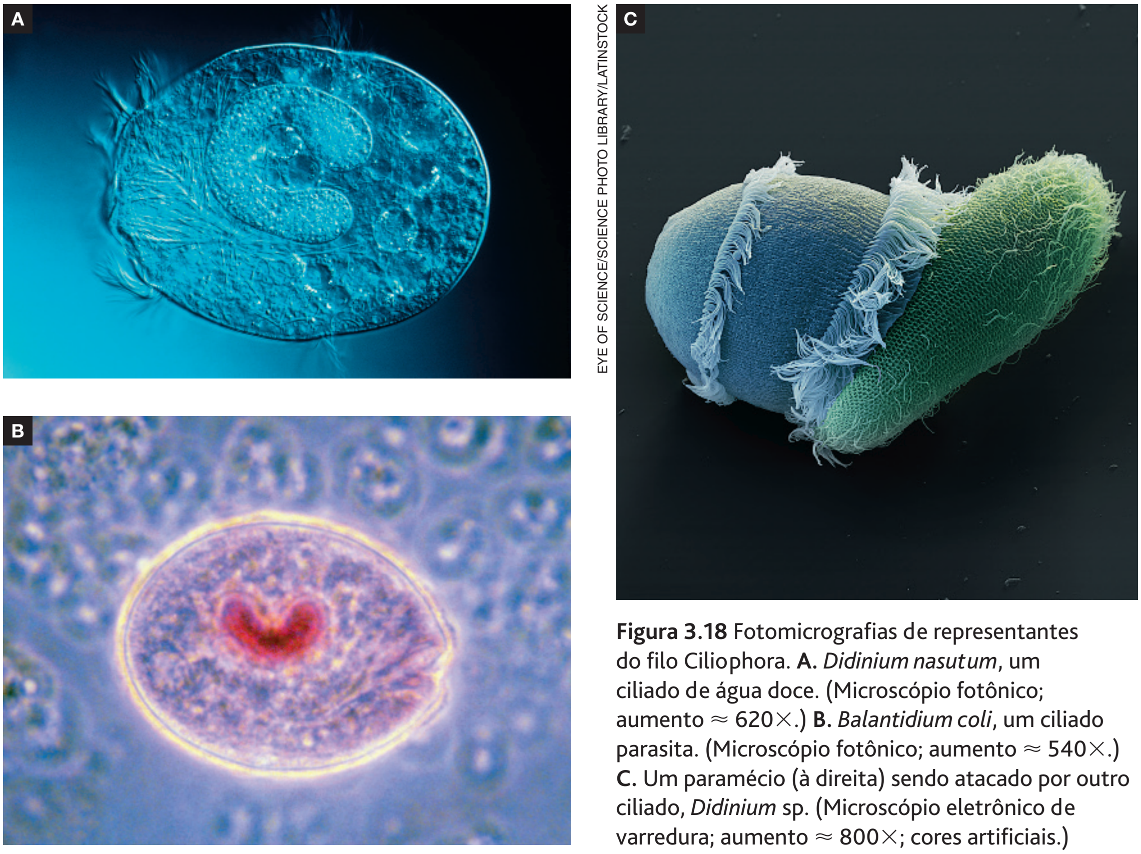
Os flagelados vivem em meio aquático, tanto no mar como em água doce. Alguns têm vida livre, utilizando os flagelos para nadar e para capturar alimentos por fagocitose, enquanto outros são sésseis, isto é, vivem fixados a um substrato; nesses casos, a movimentação dos flagelos cria correntes líquidas, que atraem as partículas alimentares para perto do protozoário.

Diversas espécies de flagelados são parasitas e causam doenças em animais e seres humanos. Entre os flagelados parasitas da espécie humana destacam-se *Trypanosoma cruzi*, causador da doença de Chagas, *Leishmania braziliensis*, causador da leishmaniose tegumentar, uma afecção grave da pele, e *Trichomonas vaginalis*, causador de inflamações e corrimentos vaginais.

Flagelados do gênero *Trichonympha* vivem no tubo digestivo de baratas e cupins, em uma relação de mutualismo. (Fig. 3.17)

Os **ciliados** – filo **Ciliophora** – são protozoários dotados de **cílios**, estruturas locomotoras mais curtas e mais numerosas que os flagelos. Em geral, apresentam dois núcleos em sua célula, um grande, o **macronúcleo**, responsável direto pelo controle das atividades celulares, e outro menor, o **micronúcleo**, que atua no processo de reprodução sexuada do ciliado. O macronúcleo origina-se de um micronúcleo por poliploidia, processo em que os cromossomos se duplicam diversas vezes sem que ocorra divisão nuclear. O micronúcleo é diploide e, por ocasião de uma reprodução sexuada, passa por divisão meiótica, originando núcleos haploides que são trocados entre os dois indivíduos participantes desse processo sexuado, denominado conjugação.

A maioria dos ciliados tem vida livre. Entre as poucas espécies parasitas, destaca-se *Balantidium coli*, parasita do intestino do porco que pode, eventualmente, provocar um tipo de infecção intestinal em seres humanos. Certos ciliados vivem, juntamente com bactérias e arqueas, no tubo digestivo de animais ruminantes como bois, carneiros, cabras, girafas etc., auxiliando a digestão da matéria vegetal e servindo, eles próprios, de alimento para seus hospedeiros. (Fig. 3.18)



MICHAEL ABBEY/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

ERIC GRAVE/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

EYE OF SCIENCE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

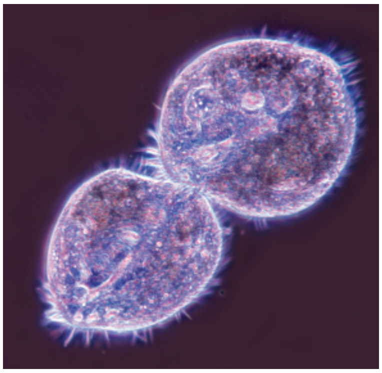
Figura 3.18 Fotomicrografias de representantes do filo Ciliophora. **A.** *Didinium nasutum*, um ciliado de água doce. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 620×.) **B.** *Balantidium coli*, um ciliado parasita. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 540×.) **C.** Um paramécio (à direita) sendo atacado por outro ciliado, *Didinium* sp. (Microscópio eletrônico de varredura; aumento ≈ 800×; cores artificiais.)

Reprodução e ciclo de vida

A maioria dos protozoários de vida livre reproduz-se assexuadamente por **divisão binária**. A célula cresce até determinado tamanho e divide-se ao meio, originando dois novos indivíduos. (Fig. 3.19)

Alguns rizópodes e apicomplexos podem se reproduzir assexuadamente por meio de **divisão múltipla**. Nesse caso, a célula multiplica o núcleo diversas vezes por mitose, antes de se fragmentar em inúmeras pequenas células.

A maioria dos protozoários apresenta processos sexuais. No tipo mais comum de reprodução sexuada, dois indivíduos de sexos diferentes fundem-se e formam um zigoto, que posteriormente passa por meiose e origina indivíduos geneticamente recombinados. Nos apicomplexos, geralmente, há alternância entre formas sexuada e assexuada de reprodução.



M. I. WALKER/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

Figura 3.19 Protozoário *Oxytricha* sp. em reprodução por divisão binária. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 360×.)

Ciência e cidadania

Protozoários que causam doenças humanas

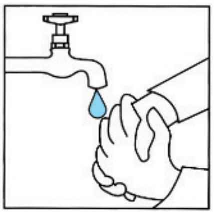
1 Os protozoários parasitas causam diversas doenças em seres humanos: disenteria, lesões na pele e em órgãos internos, malária etc. As infecções por protozoários parasitas são genericamente denominadas **protozooses**. Conhecer a dinâmica de transmissão das principais protozooses, além de útil na prevenção dessas doenças, é também um exercício de cidadania, uma vez que pessoas bem informadas podem ajudar a diminuir a incidência dessas e de outras parasitoses.

Amebíase ou disenteria amebiana

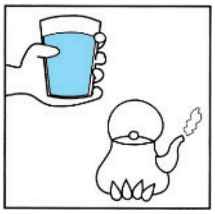
2 A **amebíase**, ou disenteria amebiana, é causada pelo rizópode parasita *Entamoeba histolytica*, a entameba. Adquire-se essa parasitose ao ingerir cistos de entameba presentes na água ou em alimentos contaminados com fezes de pessoas doentes. O cisto é uma bolsa de parede rígida repleta de amebas jovens, capazes de infectar um novo hospedeiro. No intestino do hospedeiro, a parede do cisto se rompe, libertando as amebas, que invadem tecidos da parede intestinal, onde passam a se alimentar de sangue e de células. Esses locais podem inflamar-se e romper-se, liberando sangue, muco e milhares de amebas, muitas já na forma de cistos. Ao serem eliminados com as fezes, os cistos podem contaminar água e alimentos (como verduras) e ser transmitidos para outras pessoas.

3 Apenas uma em cada dez pessoas infectadas por *E. histolytica* apresenta sintomas da doença. Esses são geralmente brandos, como diarreias e dor de estômago; em casos mais graves, ocorrem diarreias com sangue e a pessoa pode se tornar anêmica. A amebíase leva, frequentemente, ao desenvolvimento de infecções secundárias bacterianas no intestino. Atualmente pode ser combatida com medicamentos, que devem ser ministrados após o diagnóstico da parasitose, feito por exame microscópico das fezes do doente.

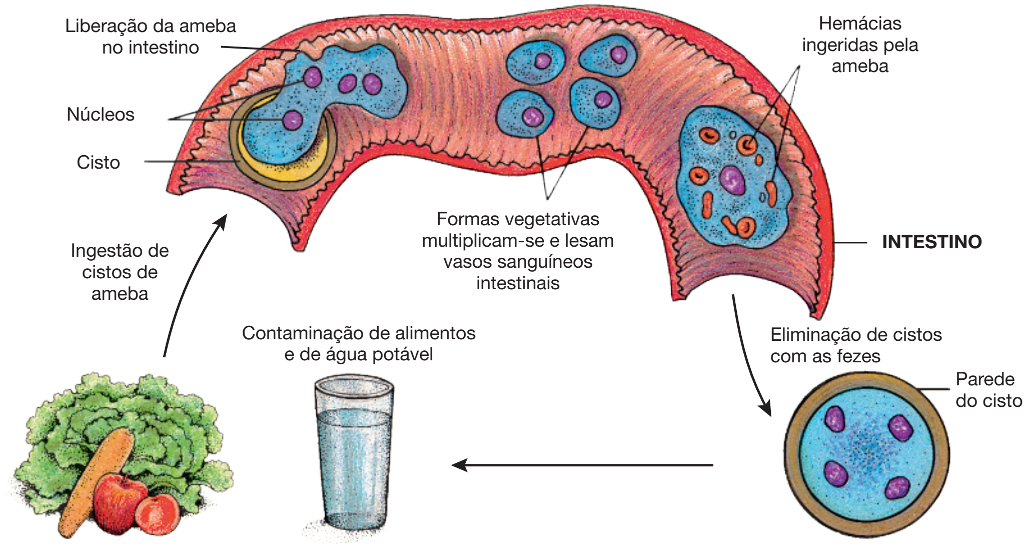
4 Para prevenir a disseminação da amebíase são necessárias atitudes por parte do poder público e das pessoas. Entre as formas de prevenção destaca-se o uso de instalações sanitárias adequadas, como privadas, esgotos e fossas sépticas, que impeçam a contaminação da água e de alimentos por fezes com cistos de ameba. A água, caso não seja tratada, deve ser fervida antes de ser usada para beber ou para lavar alimentos consumidos crus. Esses e outros cuidados básicos, associados à higiene pessoal, previnem não só a amebíase como inúmeras outras doenças infecciosas.

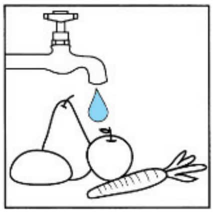


LAVAR AS MÃOS COM FREQUÊNCIA

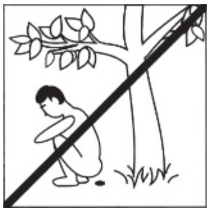


FERVER A ÁGUA A SER BEBIDA

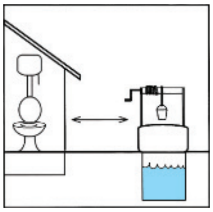

Liberação da ameba no intestino
Núcleos
Cisto
Hemácias ingeridas pela ameba
Formas vegetativas multiplicam-se e lesam vasos sanguíneos intestinais
INTESTINO
Ingestão de cistos de ameba
Contaminação de alimentos e de água potável
Eliminação de cistos com as fezes
Parede do cisto



LAVAR BEM OS ALIMENTOS



NÃO DEFECAR AO AR LIVRE



EVITAR CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA DOS POÇOS

Representação esquemática do ciclo de *Entamoeba histolytica*, protozoário parasita do intestino humano e causador da disenteria amebiana (amebíase). O cisto dessa ameba é denominado “forma de resistência”, pois é capaz de sobreviver por longos períodos fora de organismos hospedeiros. As amebas não estão representadas na mesma escala que o intestino, e sim em escala muito maior; lembre-se de que elas são microscópicas. Os quadros apresentam as principais maneiras de prevenção da amebíase. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

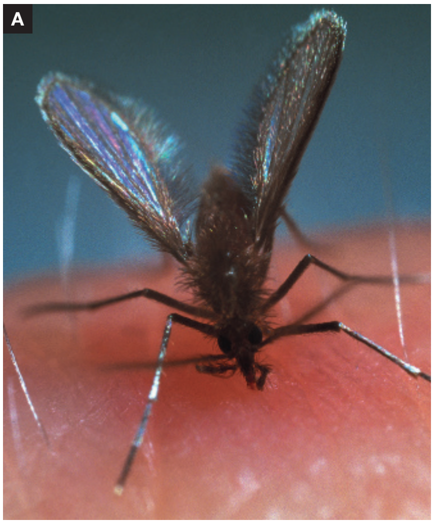
Leishmaniose

5 **Leishmaniose** é a denominação genérica da infecção causada por protozoários flagelados conhecidos como **leishmânias**. No Brasil, estima-se que cerca de 40 mil pessoas por ano adquiram um dos tipos de leishmaniose, visceral ou tegumentar.

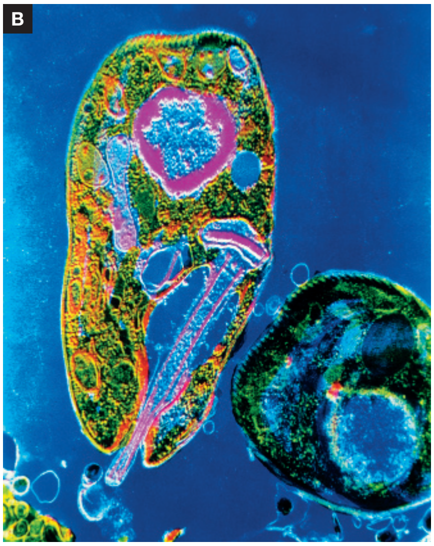
6 A **leishmaniose visceral** (ou calazar) é causada, principalmente, pela *Leishmania chagasi*, que ataca o baço e o fígado. Febre contínua, perda de apetite, inchaço do fígado e do baço, lesões na pele e anemia são alguns dos sintomas da doença, que, em certos casos, pode levar à morte. Os cães também são atacados por esse protozoário. A parasitose é transmitida pela picada do mosquito *Lutzomyia longipalpis*, conhecido popularmente como mosquito-palha, ou maruim.

7 A **leishmaniose tegumentar** (ou úlcera de bauru) é uma doença parasitária de pele e mucosas causada pela *Leishmania braziliensis*. Na pele, a doença manifesta-se pela formação de feridas ulcerosas, com bordas elevadas e fundo granuloso. Nas mucosas (cavidade nasal, faringe ou laringe), a leishmaniose destrói tecidos e, em casos graves, pode perfurar o septo nasal e produzir lesões deformantes. A transmissão da leishmaniose tegumentar ocorre pela picada de mosquitos do gênero *Lutzomyia* (mosquito-palha).

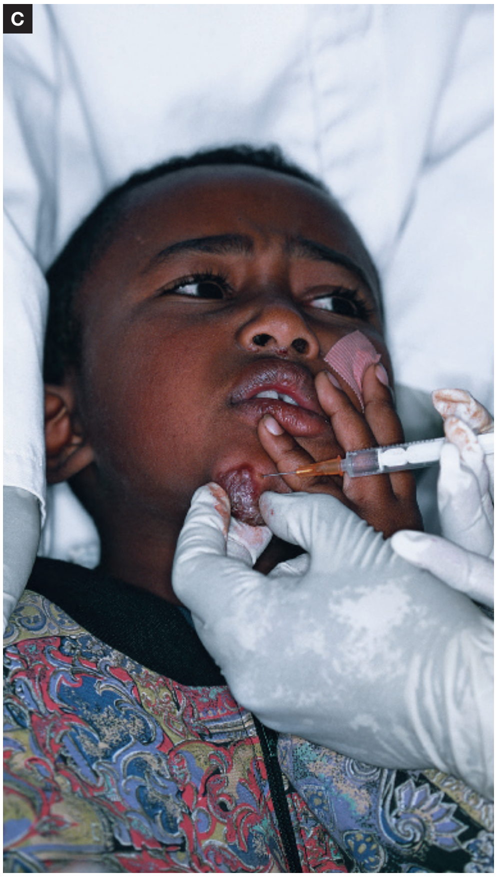
8 As principais medidas de prevenção da leishmaniose são evitar a proliferação do mosquito transmissor e impedir sua picada. O combate ao mosquito pode ser feito pelo aterro de lagoas e poças d'água que servem de criadouro para as larvas e também pela aplicação de inseticidas sobre as áreas atingidas pela doença. Esta última providência tem a consequência indesejável de matar indiscriminadamente outras espécies de insetos, muitas delas de importância econômica ou ecológica. Para impedir a picada do mosquito, pode-se proteger as portas e as janelas das casas com telas, e cobrir as camas com cortinados de filó.



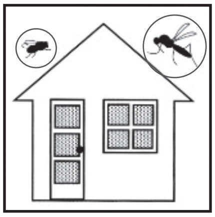
SINCLAIR STAMMERS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

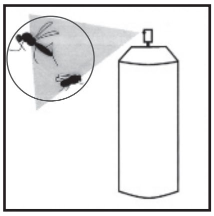


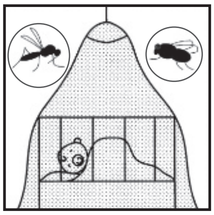
CNRI/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK



ANDY CRUMP, TDR, WHO/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK


PROTEGER PORTAS E JANELAS COM TELAS


UTILIZAR INSETICIDAS


PROTEGER CAMAS COM CORTINADOS

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

A. Mosquito-palha *Lutzomyia longipalpis* picando uma pessoa; esse inseto tem menos de 2 milímetros e é o principal transmissor da leishmaniose tegumentar. **B.** Fotomicrografia do protozoário flagelado *Leishmania* sp. (Microscópio eletrônico de transmissão; aumento ≈ 5.800×; cores artificiais.) **C.** Tratamento de ferida causada pela leishmaniose tegumentar, em criança na Etiópia. Os quadros apresentam as principais maneiras de prevenção da leishmaniose tegumentar. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si.) ▶

Doença de Chagas

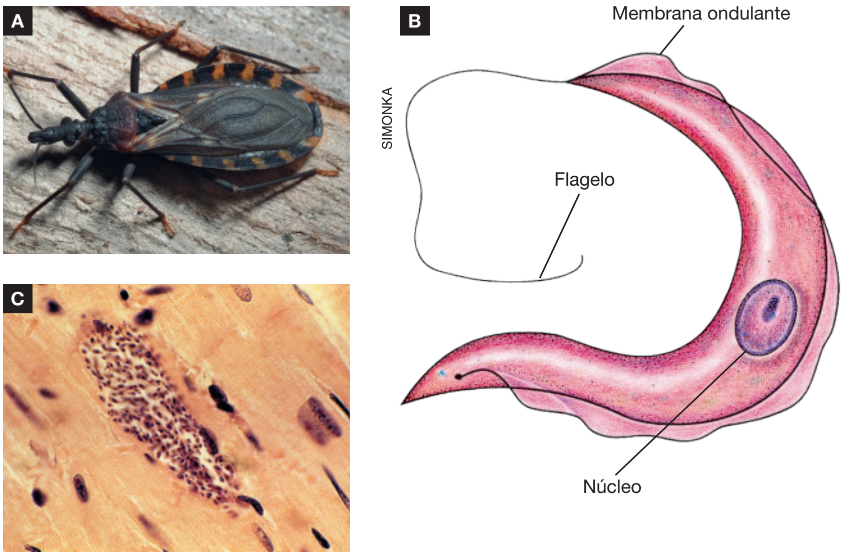
9 A **doença de Chagas**, também chamada tripanossomíase americana, é causada pelo protozoário flagelado *Trypanosoma cruzi*, o tripanossomo. Foi o médico sanitarista brasileiro Carlos Chagas (1878-1934) quem descobriu o parasita causador e descreveu seu ciclo de vida e o modo de transmissão da doença. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), a doença afeta mais de 10 milhões de pessoas em todo o mundo, a maioria na América Latina. No Brasil, o controle governamental da transmissão domiciliar da doença de Chagas vem obtendo amplo sucesso e a maioria dos estados brasileiros já pode ser declarada livre da doença, fato reconhecido pela Organização Pan-Americana da Saúde e Organização Mundial da Saúde que concedeu ao Brasil, em 2006, a certificação internacional de interrupção da transmissão da doença pelo *Triatoma infestans*. De acordo com os dados, predominam no Brasil os casos crônicos da doença, decorrentes de infecções adquiridas no passado, com cerca de 3 milhões de infectados, para os quais ainda não existe tratamento (OMS, 2012).

10 O tripanossomo é transmitido por insetos popularmente chamados "barbeiros" ou "chupanças", sendo o *Triatoma infestans* a espécie transmissora mais comum. A doença geralmente é adquirida pelo contato das mucosas (dos olhos, do nariz e da boca) ou de feridas na pele com fezes do inseto portador do parasita. Mulheres portadoras podem transmitir o parasita aos filhos durante a gravidez ou na amamentação. Transplantes de órgãos e transfusões de sangue de doadores infectados são outras vias de transmissão da doença de Chagas. Uma forma aguda da doença (DCA) pode ocorrer pela ingestão de alimentos contaminados por barbeiros infestados pelo parasita; em 2011 foram 166 casos com 5 óbitos, 113 deles no Pará.

11 O barbeiro adquire tripanossomos ao sugar sangue de pessoas com doença de Chagas ou de animais contaminados pelo parasita, como cães, gatos, roedores e diversos animais silvestres, que servem de reservatórios naturais do protozoário. Os barbeiros têm hábitos noturnos, escondendo-se durante o dia em frestas, de onde saem à noite para se alimentar de sangue. Depois de picar uma pessoa, geralmente no rosto (daí o nome "barbeiro"), o inseto defeca; se estiver contaminado, os tripanossomos contidos em suas fezes podem penetrar através do ferimento da picada, quando a pessoa coça o local, atingindo a circulação sanguínea, via de acesso aos órgãos do corpo.

12 Nos primeiros estágios da doença, os principais sintomas são cansaço, febre, aumento do fígado ou do baço e inchaço dos linfonodos. Depois de 2 a 4 meses esses sintomas desaparecem. Somente 10 a 20 anos após a infecção é que começam a aparecer os sintomas mais graves da doença; os protozoários instalam-se preferencialmente no músculo cardíaco e causam lesões que prejudicam o funcionamento do coração, o que leva à insuficiência cardíaca crônica.

13 Até a década de 1960, não havia medicamentos eficientes contra o tripanossomo. A partir de então têm sido desenvolvidas drogas terapêuticas capazes de matar e destruir o *Trypanosoma cruzi*, principalmente no período inicial da doença. Entretanto, as lesões do coração e de outros órgãos, como o esôfago e o intestino, são irreversíveis e até o momento não há tratamento eficaz para os estágios avançados da doença de Chagas.



DANIEL HEUCLIN/ NATURE PL/DIOMEDIA

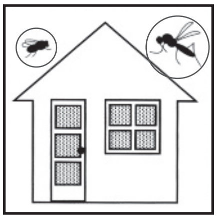
SIMONKA

SINCLAIR STAMMERS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

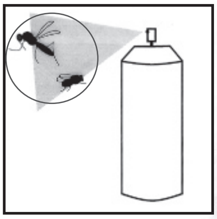
A. Barbeiro, ou chupança (*Triatoma infestans*), inseto transmissor da doença de Chagas, mede aproximadamente 3,5 cm. **B.** Representação esquemática do protozoário *Trypanosoma cruzi*, agente causador da doença de Chagas. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) **C.** Fotomicrografia de células cardíacas humanas infectadas pelo protozoário da espécie *Trypanosoma cruzi* (área no centro da foto). Os protozoários são os pontos escuros; nessa fase de seu ciclo de vida, não apresentam flagelos. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 720×.)

14 A principal maneira de combater a parasitose é a adoção de medidas preventivas, que impeçam a entrada dos protozoários no organismo humano. A primeira providência, evidentemente, é evitar a picada do barbeiro, o agente transmissor (ou vetor) da doença. Como esses insetos se escondem nas frestas das casas de barro ou de pau a pique, a construção de casas de alvenaria, sem esconderijos para o barbeiro, ajuda a combater a doença de Chagas. Outra medida preventiva é a instalação de cortinados de filó sobre as camas e de telas de proteção em portas e janelas.

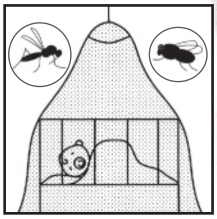
ILUSTRAÇÕES: SIMONKA



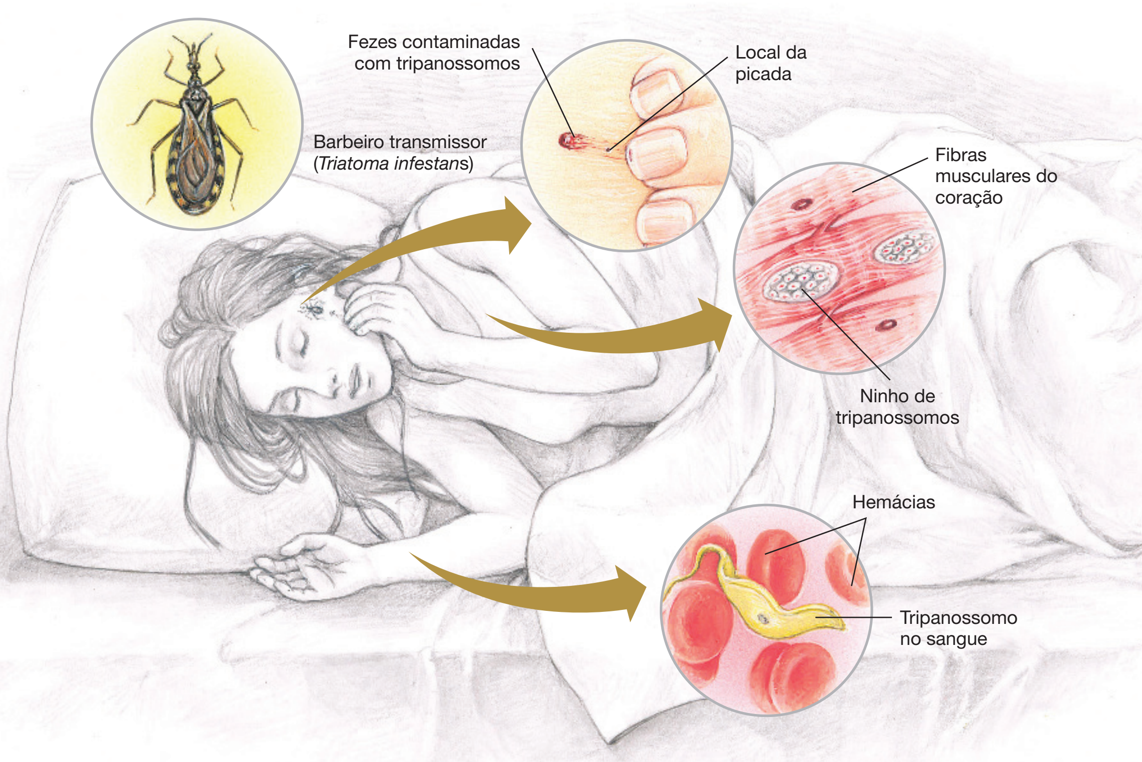
PROTEGER PORTAS E JANELAS COM TELAS



UTILIZAR INSETICIDAS



PROTEGER CAMAS COM CORTINADOS


Fezes contaminadas com tripanossomos
Local da picada
Barbeiro transmissor (*Triatoma infestans*)
Fibras musculares do coração
Ninho de tripanossomos
Hemácias
Tripanossomo no sangue

Representação esquemática dos principais aspectos da doença de Chagas. Os quadros ilustram formas de prevenção dessa protozoose. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Malária

15 Entre os protozoários apicomplexos, o gênero *Plasmodium* (plasmódio) é um dos mais conhecidos por causar a **malária**, doença que já afligia os antigos egípcios há cerca de 5 mil anos. Segundo estimativas da Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2010 ocorreram no mundo 216 milhões de casos de malária, com 655 mil mortes, das quais 86% foram de crianças com menos de 5 anos, a maioria na África subsaariana. No Brasil, em 2011 foram registrados 267.049 casos de malária, mais de 97% na região amazônica, sendo o Pará o estado mais afetado, com 43,1% dos casos do país.

16 Há quatro espécies do gênero *Plasmodium* que causam malária, todas transmitidas pela picada de fêmeas de mosquitos do gênero *Anopheles* (anófeles), que são hematófagas. Os protozoários *Plasmodium malariae* e *Plasmodium ovale* são responsáveis por uma forma branda da doença; *Plasmodium falciparum* causa a forma mais grave de malária; *Plasmodium vivax* provoca uma forma de malária de gravidade intermediária. No Brasil, o principal vetor é *Anopheles darlingi*; 83,7% dos casos registrados em 2009 foram causados por *P. vivax* e 16,3% por *P. falciparum*; *P. malarie* é raramente observado e *P. ovale* não ocorre no país.

17 Uma pessoa adquire malária ao ser picada por fêmeas do mosquito *Anopheles* sp. contaminadas pelo protozoário. Na picada, elas injetam uma secreção salivar anticoagulante, que pode conter as formas infestantes do plasmódio, chamadas **esporozoítos**. Parte dos esporozoítos penetra nas células hepáticas, nas quais se multiplicam de modo assexuado, enquanto outra parte penetra nas hemácias. Em cada célula hepática infectada podem surgir, dependendo da espécie, entre 2 mil e 40 mil novos protozoários. Nas infecções por *P. falciparum*, os parasitas permanecem no fígado menos tempo que os das outras espécies de plasmódio.

18 Entre 6 a 16 dias após a infecção inicial, as células hepáticas infectadas liberam no sangue os novos parasitas, agora em um estágio chamado **merozoíto**. Cada merozoíto que penetra em uma hemácia do sangue pode originar, assexuadamente, entre 8 e 24 novos merozoítos.

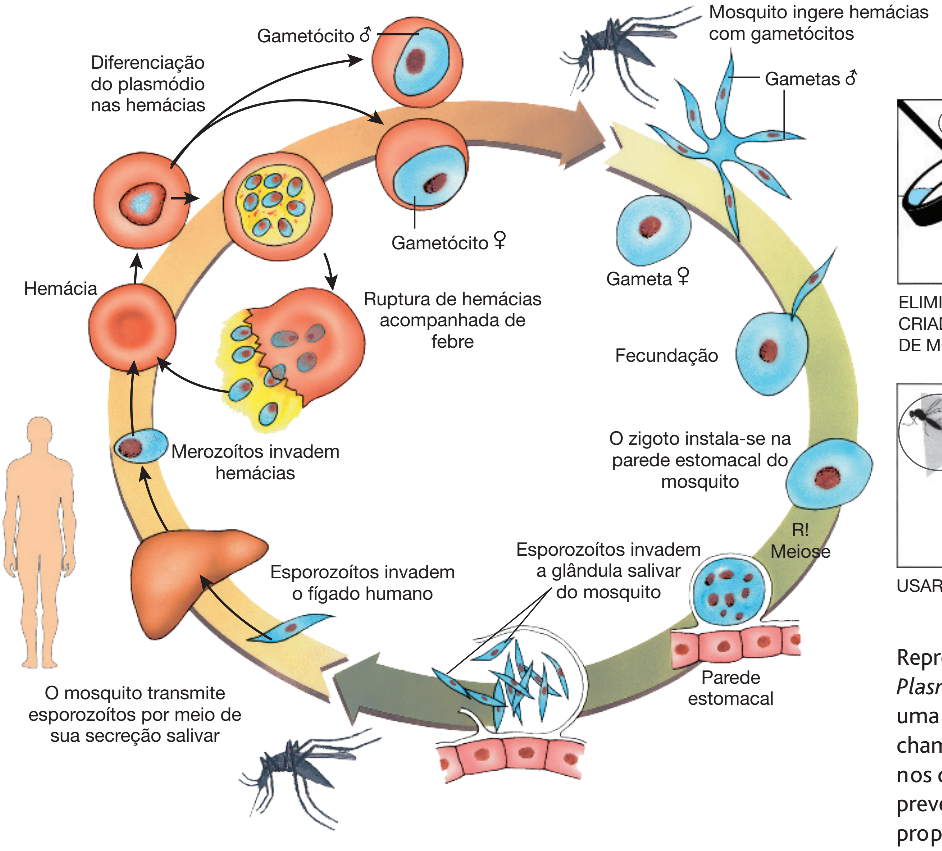
19 As hemácias infectadas se rompem e liberam na corrente sanguínea novos merozoítos, que invadem hemácias sadias, repetindo o ciclo. A cada 48 horas, no caso de *P. vivax* e *P. falciparum*, ou 72 horas, para *P. malariae*, novas gerações de merozoítos são liberadas pela ruptura sincrônica das hemácias infectadas.

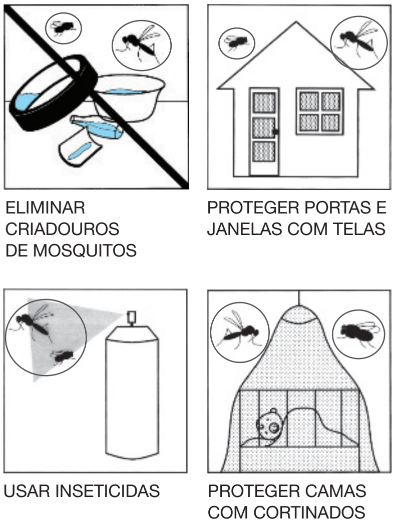
20 Milhares de hemácias, rompendo-se simultaneamente, liberam parasitas e substâncias tóxicas, que causam febre e calafrios. Os picos de febre alta, entre 39 °C e 40 °C, coincidem com a ruptura das hemácias infectadas e a consequente liberação dos merozoítos no plasma.

21 Em algumas hemácias, em vez de se reproduzir por divisão múltipla, os merozoítos crescem e se transformam em formas sexuadas, os chamados **gametócitos masculinos** e **gametócitos femininos**. Ao sugar o sangue de uma pessoa doente, o mosquito transmissor pode ingerir hemácias contendo gametócitos, que amadurecem no estômago do inseto, formando gametas masculinos e femininos. A união dos gametas dá origem a um ou mais zigotos, que se instalam na parede estomacal do mosquito. Cada zigoto origina milhares de esporozoítos; estes são liberados nas cavidades corporais do inseto e migram para suas glândulas salivares, de onde podem ser transmitidos para pessoas sadias.

22 Atualmente, há vários medicamentos capazes de eliminar o plasmódio do sangue. Além do quinino e de seus derivados utilizados tradicionalmente, novas drogas terapêuticas têm sido usadas com sucesso no tratamento da malária. Drogas antimaláricas devem ser ingeridas preventivamente, sob rigorosa orientação médica, por pessoas que visitam regiões com alta incidência da doença.

23 A principal medida de prevenção da malária consiste em combater a proliferação do mosquito transmissor e impedir sua picada. Entre as medidas de combate ao mosquito estão o aterro de lagoas e poças d'água que servem de criadouro para as larvas e a aplicação de inseticidas sobre as áreas atingidas pela doença. Com esta última providência, porém, matam-se indiscriminadamente outras espécies de inseto, muitas das quais podem ser de importância ecológica ou econômica. Telas em portas e janelas e cortinados de filó sobre as camas também constituem barreiras para a picada do mosquito.


Mosquito ingere hemácias com gametócitos
Gametócito ♂
Diferenciação do plasmódio nas hemácias
Gametas ♂
Gametócito ♀
Hemácia
Gameta ♀
Ruptura de hemácias acompanhada de febre
Fecundação
Merozoítos invadem hemácias
O zigoto instala-se na parede estomacal do mosquito
R!
Meiose
Esporozoítos invadem o fígado humano
Esporozoítos invadem a glândula salivar do mosquito
Parede estomacal
O mosquito transmite esporozoítos por meio de sua secreção salivar


ELIMINAR CRIADOUROS DE MOSQUITOS
PROTEGER PORTAS E JANELAS COM TELAS
USAR INSETICIDAS
PROTEGER CAMAS COM CORTINADOS

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Representação esquemática do ciclo do *Plasmodium vivax*, agente causador de uma das formas de malária humana (a chamada febre terçã benigna). Observe, nos quadros, algumas maneiras de prevenir a malária. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Guia de leitura

Responda em seu caderno

1 Leia o primeiro parágrafo, que conceitua protozoose. Você concorda com a afirmação do texto de que conhecer as protozooses é um exercício de cidadania? Discuta.

2 Após o parágrafo inicial são apresentadas quatro protozooses. Seu desafio é elaborar uma tabela que relacione cada uma das protozooses às seguintes informações: **a)** agente causador; **b)** sintomas e consequências da doença; **c)** tratamento e/ou prevenção. Preencha a tabela à medida que estudar cada um dos itens.

3 Os parágrafos 2, 3 e 4 referem-se à amebíase. Leia-os e, neste item, responda à seguinte questão: por que essa doença é também chamada disenteria amebiana?

4 Analise o ciclo da *E. histolytica* e os quadros com prevenção da amebíase, lendo atentamente a legenda. Em geral é necessário alternar a observação da figura com a leitura do texto, integrando-os. Sintetize as informações pertinentes e comece a preencher a tabela. Note que na legenda da figura aparece a expressão "forma de resistência". O que ela significa?

5 Os parágrafos 5, 6, 7 e 8 referem-se à leishmaniose. Leia-os e, neste item, responda à seguinte questão: qual é a diferença entre as duas formas de leishmaniose apresentadas com relação aos órgãos afetados?

6 Analise as imagens relacionadas à leishmaniose, complementando a leitura do texto. Sintetize as informações pertinentes e continue a preencher a tabela.

7 Os parágrafos de 9 a 14 referem-se à doença de Chagas. Leia inicialmente o parágrafo 9; certifique-se de ter compreendido o porquê do nome dado ao protozoário causador da doença.

8 Leia o décimo parágrafo, que apresenta o inseto transmissor da doença de Chagas e as principais formas de contágio. Complemente a leitura com a observação das imagens referentes a essa doença e a leitura da legenda. Resuma as informações fornecidas.

9 Leia o parágrafo 11, que complementa informações sobre a transmissão do *Trypanosoma cruzi* e apresenta o conceito de "reservatório natural" do parasita. O que isso quer dizer?

10 Leia os parágrafos 12, 13 e 14, que relacionam os sintomas, tratamento e transmissão da doença de Chagas. Analise as imagens referentes a essa doença, complementando as informações do texto. Utilize-as para continuar o preenchimento de sua tabela.

11 Os parágrafos de 15 a 23 referem-se à malária. Leia inicialmente o parágrafo 15 e, baseando-se apenas nos dados do parágrafo que se referem aos anos de 2010 e 2011, calcule com que porcentagem o Brasil contribui para os casos de malária no mundo.

12 Leia o parágrafo 16 e responda: **a)** quais são as quatro espécies principais de protozoário causadoras de malária?; **b)** qual delas não ocorre no Brasil?; **c)** qual é o gênero do inseto transmissor?

13 O parágrafo 17 refere-se à forma infestante do protozoário que penetra no corpo e origina a malária. Qual é ela e onde se aloja depois de penetrar no organismo hospedeiro?

14 Leia o parágrafo 18. Em que forma o plasmódio é liberado para o sangue da pessoa e onde se aloja?

15 Os parágrafos 19 e 20 explicam por que a malária se caracteriza por apresentar picos de febre, acompanhada de mal-estar. Resuma essa explicação.

16 O parágrafo 21 contém informações que permitem compreender como se completa o ciclo de vida do parasita. Resuma essas informações em um esquema.

17 Os parágrafos 22 e 23 apresentam formas de tratamento e de prevenção da malária. Analise as figuras que ilustram o ciclo de vida do protozoário causador da malária e formas de prevenção da parasitose. Utilize essas informações para concluir o preenchimento de sua tabela.

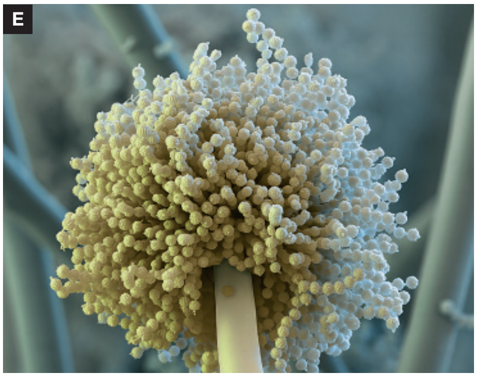
3.3 Fungos

Características gerais

Os **fungos** – reino **Fungi** – são organismos eucarióticos heterotróficos cuja parede celular contém quitina, substância também presente no reino Animal, constituindo o esqueleto dos artrópodes (crustáceos, insetos, aranhas, entre outros). Os fungos vivem no solo, na água ou no corpo de outros seres vivos. Seus principais representantes são os bolores, os cogumelos, as orelhas-de-pau e as leveduras, estas últimas também chamadas levedos ou fermentos. (Fig. 3.20)

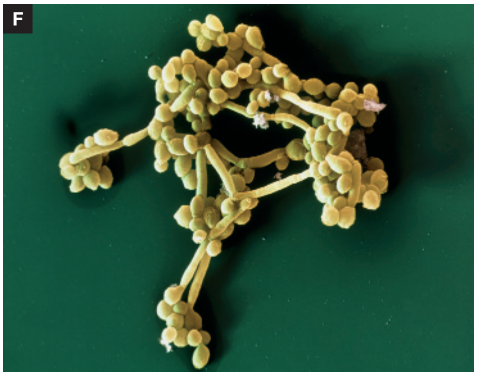
INGA SPENCE/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

LUCIANA BUENO/SHUTTERSTOCK

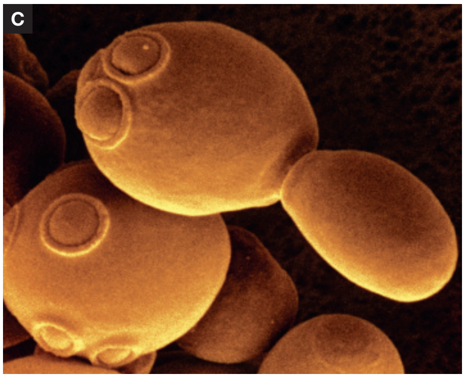


EYE OF SCIENCE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

GARY MESZAROS/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES



EYE OF SCIENCE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK



DAVID SCHARF/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

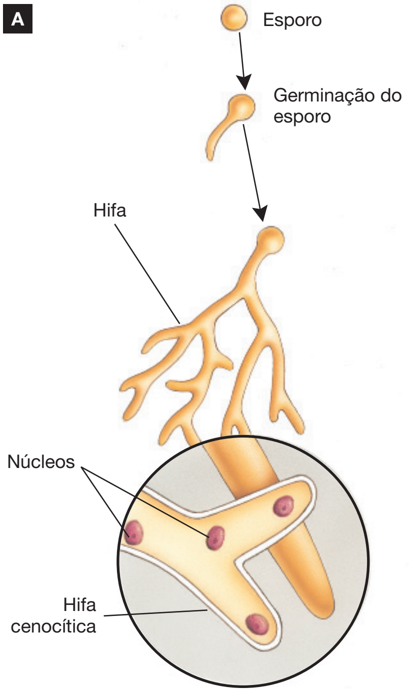
Figura 3.20 Representantes do reino Fungi. **A.** Orelhas-de-pau da espécie *Polyporus sulphureus*, fungos que vivem em madeira em decomposição (medem aproximadamente 20 cm de diâmetro). **B.** Cogumelos da espécie *Lepiota procera*, que podem chegar a 40 cm de altura. **C.** Fotomicrografia de células do levedo *Saccharomyces cerevisiae*. (Microscópio eletrônico de varredura; aumento ≈ 3.300×; cores artificiais.) **D.** Bolor verde, fungo filamentoso que ataca diversos tipos de alimento (na foto, uma laranja). **E.** Fotomicrografia de *Aspergillus niger*. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 540×; cores artificiais.) **F.** Fotomicrografia do fungo *Candida albicans*, que causa infecções de mucosa em seres humanos. (Microscópio eletrônico de varredura; aumento ≈ 730×; cores artificiais.)

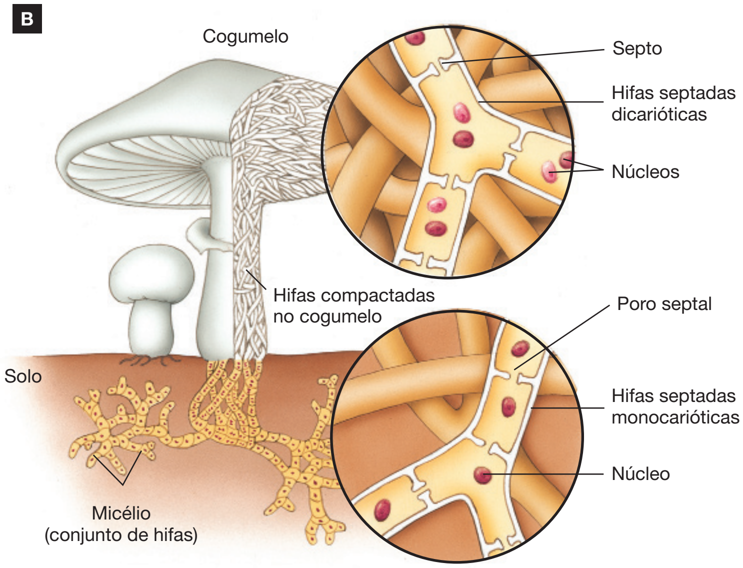
Com poucas exceções, os fungos são seres multicelulares constituídos por longos filamentos ramificados, de parede quitinosa, as **hifas**, nas quais se encontra o conteúdo celular do fungo. O conjunto de hifas constitui o **micélio**, o "corpo" do fungo.

Na maioria das espécies, as hifas são **septadas**, isto é, apresentam paredes transversais ou septos, que delimitam compartimentos celulares nos quais pode haver um núcleo (hifas septadas monocarióticas) ou dois núcleos (hifas septadas dicarióticas). Os septos não separam completamente as células: eles têm uma perfuração central, o poro septal, pela qual organelas citoplasmáticas e mesmo núcleos podem passar de um compartimento para outro. Certos fungos são constituídos pelas chamadas **hifas cenocíticas**, que não possuem septos, sendo preenchidas por citoplasma com inúmeros núcleos.

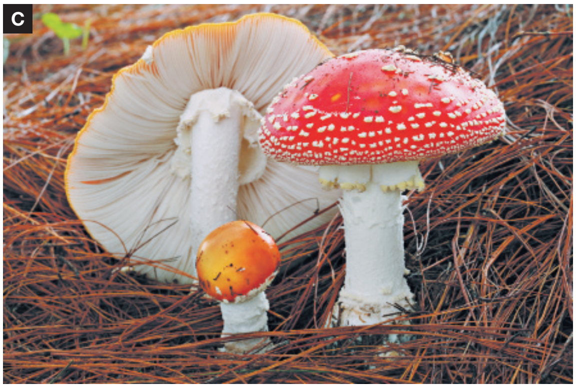
O emaranhado de hifas que forma o micélio pode crescer indefinidamente, enquanto houver alimento disponível e condições favoráveis. O crescimento das hifas ocorre apenas nas extremidades; nas regiões mais antigas, o conteúdo citoplasmático pode desaparecer, restando apenas as paredes das hifas.

A reprodução dos fungos ocorre por meio de esporos, que podem ser produzidos de modo assexuado ou após a fusão de núcleos celulares e formação do zigoto. Quando encontra condições apropriadas, o esporo germina e origina uma hifa, que cresce e se ramifica, produzindo um novo micélio. (Fig. 3.21)




B
Cogumelo
Septo
Hifas septadas dicarióticas
Núcleos
Hifas compactadas no cogumelo
Poro septal
Solo
Hifas septadas monocarióticas
Núcleo
Micélio (conjunto de hifas)

ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA



FABIO COLOMBINI

Figura 3.21 A. Representação esquemática do desenvolvimento das hifas a partir de um esporo. **B.** Representação esquemática de um cogumelo mostrando as hifas. (Em **A** e **B**, elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) **C.** Cogumelos *Amanita muscaria*, que podem medir entre 10 e 15 cm de altura.

Durante o crescimento, as hifas do micélio liberam enzimas digestivas que atuam extracelularmente, degradando substâncias orgânicas presentes no substrato. As hifas absorvem, então, os produtos da digestão, utilizando-os como fonte de energia e de matéria-prima para a sobrevivência e o crescimento. Esse modo de vida dos fungos é responsável pelo apodrecimento de diversos materiais, como frutas, verduras, grãos e uma gama de substratos orgânicos (madeira, couro etc.).

A diversidade

Há cerca de 60 mil espécies de fungo descritas pelos especialistas, mas estima-se que exista pelo menos 1 milhão de espécies por ser descobertas. Uma classificação moderna agrupa os fungos em quatro filos: Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota e Basidiomycota. Nos dois últimos grupos, muitas espécies formam estruturas reprodutivas denominadas **corpos de frutificação**, constituídos por hifas especiais densamente aglomeradas e nas quais ocorre a meiose, com formação de esporos sexuados.

Os **quitridiomicetos**, ou quitrídios – filo **Chytridiomycota** –, vivem em ambientes terrestres ou de água doce, com poucas espécies marinhas. Podem ser unicelulares ou multicelulares e sua principal substância de reserva, como nos demais fungos e em animais, é o glicogênio, um polissacarídio.

A maioria dos quitrídios é saprofágica; há espécies parasitas de plantas, de algas, de protozoários e de animais. Um exemplo de quitrídio parasita é *Batrachochytrium dendrobatidis*, apontado como o responsável pelo desaparecimento de anfíbios em vários continentes e cuja ocorrência já foi relatada no Brasil.

Os **zigomicetos** – filo **Zygomycota** – são fungos dotados de hifas cenocíticas e que não formam corpo de frutificação. Um representante do grupo é *Rhizopus stolonifer*, bolor que cresce sobre superfícies de alimentos ricos em carboidratos, como pão, frutas e verduras. Certos zigomicetos parasitam plantas, protozoários, vermes e insetos; algumas espécies podem causar infecções em seres humanos. (Fig. 3.22)

Os **ascomicetos** – filo **Ascomycota** – caracterizam-se pela presença de ascos (do grego *askos*, bolsa, odre), estruturas especializadas onde se formam esporos sexuados, os ascósporos. Um conhecido ascomiceto, embora não seja o mais típico do grupo, é a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, o popular fermento de padaria ou fermento biológico. Os ascomicetos constituem cerca de metade das espécies descritas de fungo.

Em muitas espécies de ascomicetos, os ascos localizam-se em corpos de frutificação compactos, os ascocarpos. Em algumas espécies, o ascocarpo é comestível e utilizado em culinária.

Certos ascomicetos vivem em associações mutualísticas com algas ou cianobactérias, formando **liquens** (veja mais adiante).

Os **basidiomicetos** – filo **Basidiomycota** – são fungos que apresentam basídios, estruturas especializadas nas quais se formam esporos sexuados, os basidiósporos.

A maioria dos basidiomicetos forma corpos de frutificação denominados **basidiocarpos**, conhecidos popularmente como **cogumelos**. Há diversas espécies cujos basidiocarpos são comestíveis e alguns são largamente empregados em culinária, entre eles os cogumelos do gênero *Agaricus*, os *champignons*. (Fig. 3.23)

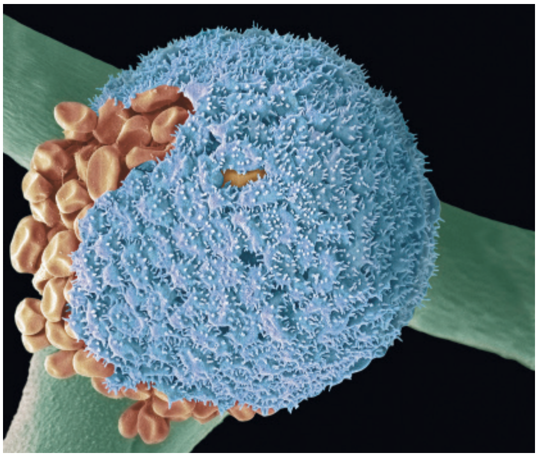
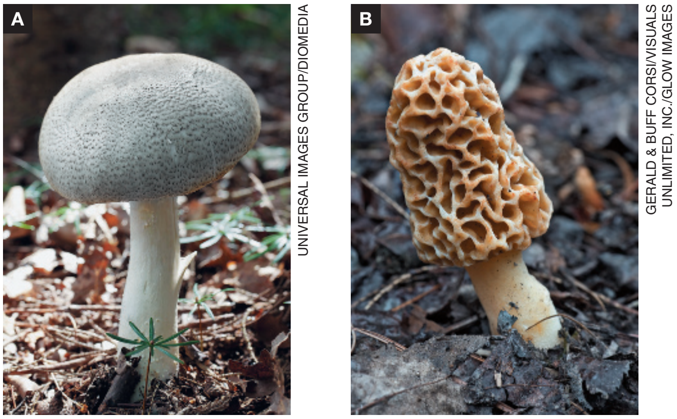

STEVE GSCHMEISSNER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Figura 3.22 Fotomicrografia de *Rhizopus stolonifer*, mostrando hifas (em verde) com esporângios (em azul), nas quais se formam os esporos (em marrom). (Microscópio eletrônico de varredura; aumento ≈ 880×; cores artificiais.)



UNIVERSAL IMAGES GROUP/DIOMEDIA

GERALD & BUFF CORSI/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 3.23 **A.** Corpos de frutificação do basidiomiceto *Agaricus campestris* (filo Basidiomycota) conhecido como *champignon*, muito utilizado em culinária (tem aproximadamente 10 cm de diâmetro). **B.** Corpos de frutificação de ascomiceto *Morchella esculenta* (filo Ascomycota), um fungo comestível apreciado na alta gastronomia (tem cerca de 15 cm de altura).

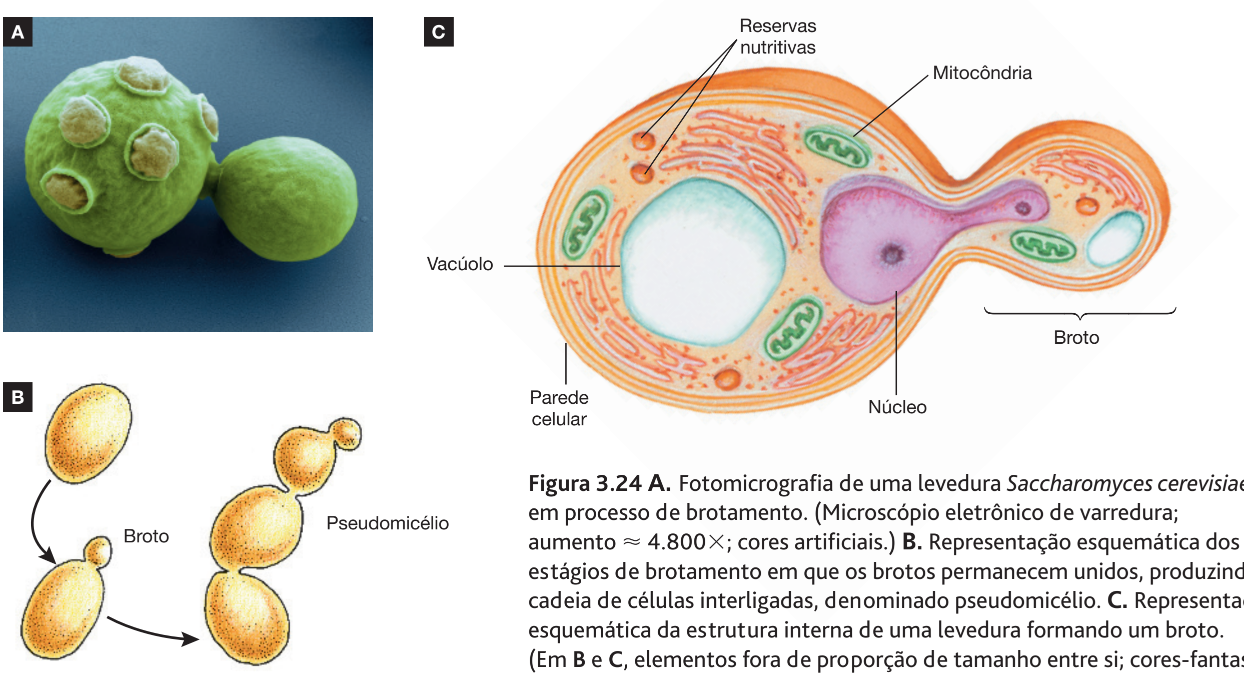
Reprodução e ciclo de vida

Os fungos podem se reproduzir assexuadamente por **fragmentação** do micélio; os fragmentos crescem e originam novos micélios.

Zigomicetos formam hifas especiais – esporangióforos – em cujas extremidades diferenciam-se esporângios nos quais se formam esporos assexuados haploides. Ao cair em local com condições adequadas, o esporo germina originando um novo micélio.

Ascomicetos apresentam hifas especializadas nas quais se formam esporos assexuados denominadas **conídios**. O conídio, como os esporos em geral, é revestido por uma parede celular e pode permanecer em estado de dormência por longo tempo, até encontrar ambiente favorável e germinar.

Leveduras como *Saccharomyces cerevisiae* reproduzem-se por **brotamento** (gemulação). Os brotos (gêmulas) separam-se da célula original, embora eventualmente possam permanecer unidos, formando cadeias de células conhecidas como pseudomicélios. (Fig. 3.24)



EYE OF SCIENCE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Figura 3.24 A. Fotomicrografia de uma levedura *Saccharomyces cerevisiae* em processo de brotamento. (Microscópio eletrônico de varredura; aumento ≈ 4.800×; cores artificiais.) **B.** Representação esquemática dos estágios de brotamento em que os brotos permanecem unidos, produzindo uma cadeia de células interligadas, denominado pseudomicélio. **C.** Representação esquemática da estrutura interna de uma levedura formando um broto. (Em **B** e **C**, elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

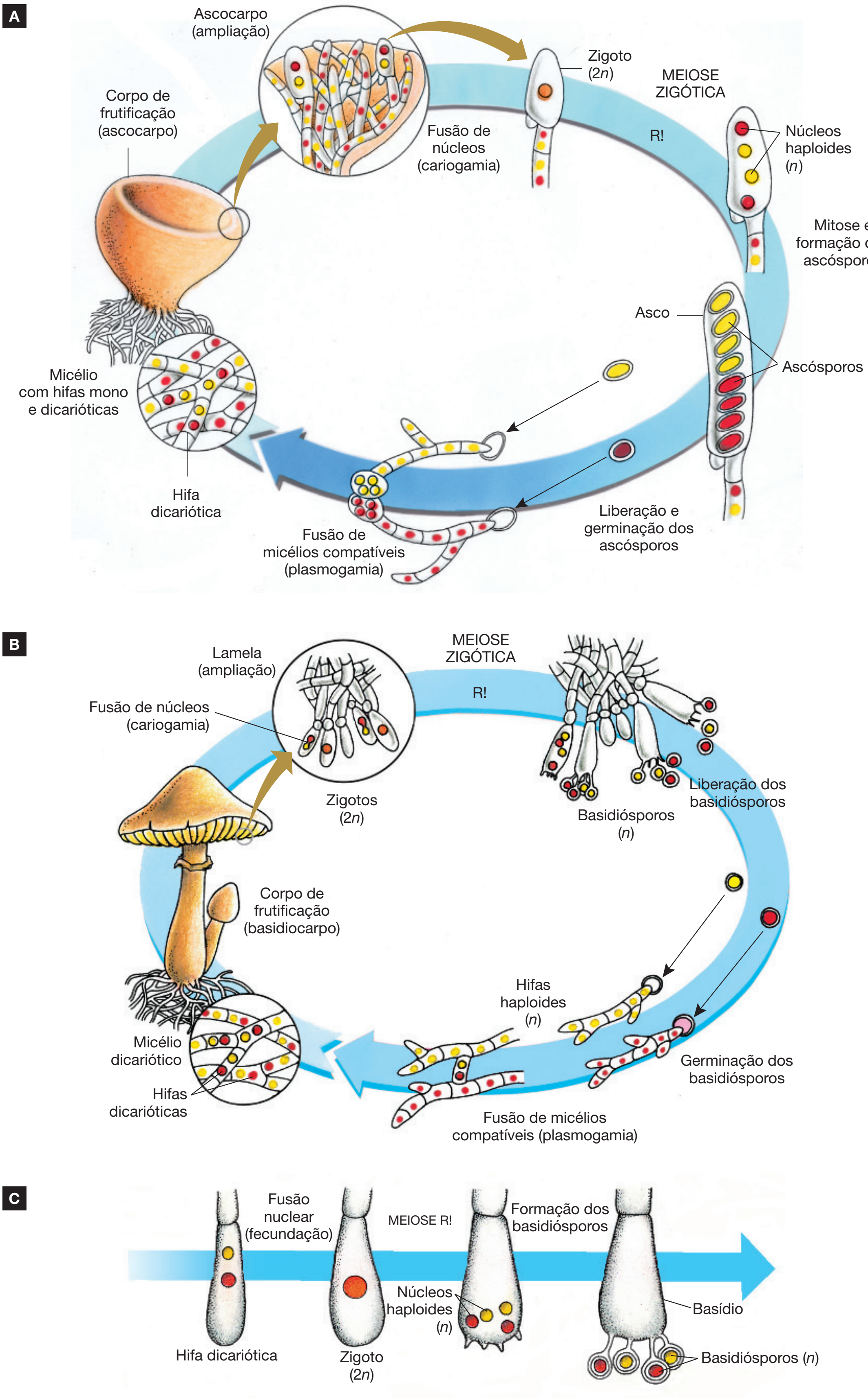
De tempos em tempos, a maioria dos fungos passa por um estágio sexuado, em que se formam zigotos diploides. O zigoto sofre meiose e origina células haploides que se diferenciam em esporos sexuados.

Nos fungos, a reprodução sexuada inicia-se pela conjugação de duas hifas sexualmente maduras e compatíveis, que se aproximam e se fundem (plasmogamia). A hifa resultante da fusão é uma hifa dicariótica, que tem dois núcleos haploides por célula, um de cada hifa parental. Durante o crescimento e ramificação dessa hifa, os núcleos se multiplicam diversas vezes no citoplasma, mantendo-se emparelhados, mas sem se fundir. As hifas dicarióticas originam um micélio, que pode formar corpos de frutificação (ascocarpos nos ascomicetos e basidiocarpos nos basidiomicetos).

Nos ascocarpos, como vimos, surgem estruturas férteis denominadas **ascos**. O asco é uma hifa especializada, na qual o par de núcleos haploides procedentes das duas hifas que se conjugaram finalmente se funde (cariogamia), originando um "núcleo zigótico", diploide. Este sofre imediatamente meiose, produzindo esporos sexuados denominados **ascósporos**.

O processo ocorre de maneira semelhante nos basidiocarpos, nos quais, como vimos, se formam estruturas férteis denominadas **basídios**. O basídio é também uma hifa especializada, na qual o par de núcleos haploides se funde (cariogamia), originando um núcleo zigótico diploide. Por meiose, esse núcleo produz esporos sexuados denominados **basidiósporos**. Em muitos cogumelos, os basídios localizam-se nas finas lamelas existentes na face inferior do "chapéu" do basidiocarpo.

Esporos sexuados maduros são liberados do corpo de frutificação e levados pelo vento. Ao cair em local com condições adequadas, os esporos germinam e originam novos micélios. Acompanhe, na figura a seguir, os ciclos de vida de um ascomiceto e de um basidiomiceto. (Fig. 3.25)


A
Ascocarpo
(ampliação)
Zigoto
(2*n*)
MEIOSE
ZIGÓTICA
R!
Corpo de
frutificação
(ascocarpo)
Fusão de
núcleos
(cariogamia)
Núcleos
haploides
(*n*)
Mitose e
formação dos
ascósporos
Asco
Ascósporos
Micélio
com hifas mono
e dicarióticas
Hifa
dicariótica
Fusão de
micélios compatíveis
(plasmogamia)
Liberação e
germinação dos
ascósporos
B
Lamela
(ampliação)
MEIOSE
ZIGÓTICA
R!
Fusão de núcleos
(cariogamia)
Zigotos
(2*n*)
Basidiósporos
(*n*)
Liberação dos
basidiósporos
Corpo de
frutificação
(basidiocarpo)
Hifas
haploides
(*n*)
Micélio
dicariótico
Hifas
dicarióticas
Germinação dos
basidiósporos
Fusão de micélios
compatíveis (plasmogamia)
C
Fusão
nuclear
(fecundação)
MEIOSE R!
Formação dos
basidiósporos
Núcleos
haploides
(*n*)
Basídio
Hifa dicariótica
Zigoto
(2*n*)
Basidiósporos (*n*)

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Figura 3.25 A. Representação esquemática do ciclo sexual de um fungo ascomiceto. **B.** Representação esquemática do ciclo sexual de um fungo basidiomiceto. **C.** Representação esquemática da formação do basídio, a hifa especializada em que ocorre a meiose para formação dos basidiósporos. Analise os esquemas acompanhando as explicações no texto. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

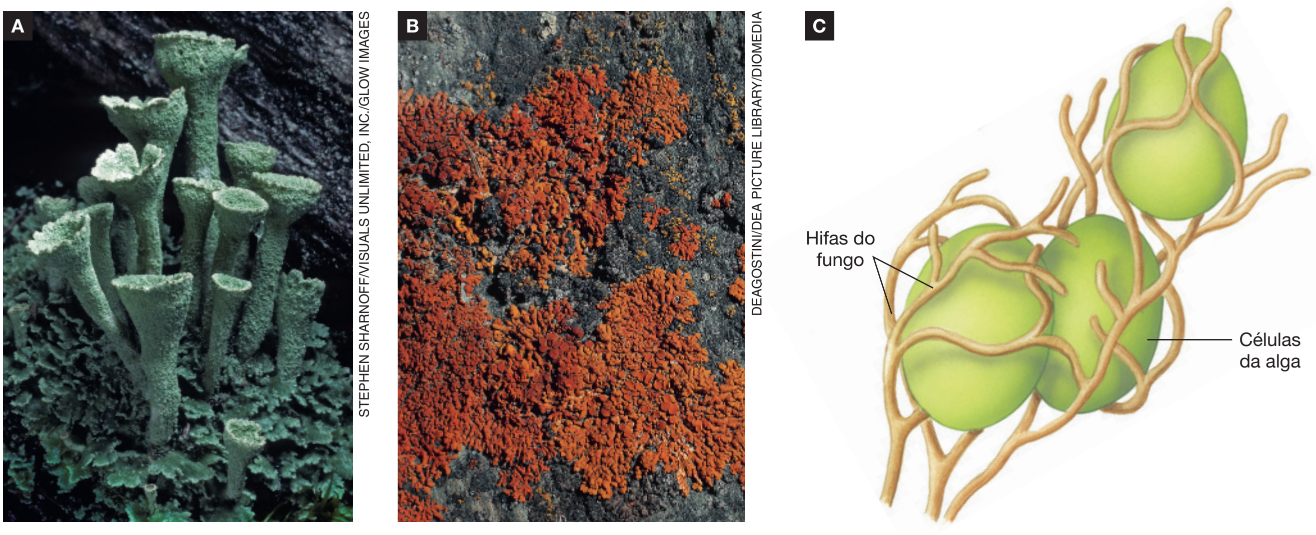
Liquens e micorrizas

É recomendável ressaltar a importância dos liquens como seres pioneiros em ambientes desfavoráveis a outros organismos e como indicadores ambientais (é bastante comum encontrar diversos tipos de liquens em locais com menor quantidade de poluição e compostos químicos).

Certas espécies de fungo vivem em associações harmoniosas com outros organismos, trocando benefícios. Duas associações desse tipo são os liquens e as micorrizas.

Liquens são formados pela associação cooperativa de ascomicetos com algas ou com cianobactérias. O corpo de um líquen contém, em geral, três camadas: as duas externas são constituídas por hifas do fungo, bem unidas e compactadas; a camada mais interna é formada por células da alga (ou da cianobactéria) e por hifas do fungo frouxamente entrelaçadas. Nessa camada, as hifas associam-se intimamente às células das algas, das quais extraem substâncias nutritivas. Por sua vez, graças à associação com o fungo, as algas podem viver em ambientes inóspitos, como rochas nuas e troncos de árvores ressecados, em um tipo de relação ecológica denominado mutualismo.

Os liquens reproduzem-se assexuadamente por meio de **sorédios**, partes especializadas do líquen que se destacam e podem originar novos indivíduos. (Fig. 3.26)



STEPHEN SHARNOFF/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

DEAGOSTINI/DEA PICTURE LIBRARY/DIOMEDIA

JURANDIR RIBEIRO

Figura 3.26 A. Líquen *Cladonia carneola* com cerca de 3 mm de altura. **B.** Líquen *Caloplaca elegans* cujos lobos medem cerca de 1 mm e a colônia pode atingir 4 cm de diâmetro. **C.** Representação esquemática de um líquen mostrando sua estrutura microscópica. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Micorrizas (do grego *myketos*, fungo, e *rhiza*, raiz) são associações das hifas de certos fungos com raízes de plantas. Devido ao fungo, a planta consegue absorver melhor minerais escassos no solo; por sua vez, o fungo também se beneficia da associação, obtendo da planta açúcares, aminoácidos e outras substâncias orgânicas das quais se nutre.

As micorrizas são importantes para plantas que vivem em solos pobres em nutrientes; os fungos das raízes aumentam a capacidade de absorção de nutrientes como fosfatos, nitratos, cobre, zinco e magnésio, entre outros. Sementes de orquídeas, por exemplo, necessitam da presença de fungos para germinar.

A importância ecológica e econômica

Fungos e certas bactérias desempenham o papel de **agentes decompositores**, permitindo que os elementos químicos constituintes da matéria orgânica de cadáveres possam ser reaproveitados por outros seres vivos.

Muitos fungos produzem substâncias úteis à indústria. O álcool etílico (etanol), por exemplo, utilizado como combustível, é produzido a partir da fermentação da cana e de outros substratos realizada pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Fungos das espécies *Rhizopus nigricans* e *Curvularia lunara* são fontes de esteroides anti-inflamatórios, como cortisona, hidrocortisona e prednisona. Outras espécies de fungo são utilizadas pela indústria farmacêutica na produção de vitaminas, hormônios esteroides e antibióticos, como a penicilina. Leveduras e outros fungos são empregados pela indústria alimentícia na produção de pães, vinhos, cervejas, queijos, molho de soja, picles etc.

ATIVIDADES

Revendo conceitos, fatos e processos

Registre em seu caderno

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 1 a 5.

a) alternância de gerações
b) divisão binária
c) esporófito
d) fitoplâncton
e) gametófito

1. O(A) (▬) é uma forma de reprodução assexuada em que um organismo unicelular transforma-se em dois novos indivíduos. 1. b

2. Um organismo diploide originado pela fusão de gametas e que produz esporos é chamado (▬). 2. c

3. O(A) (▬) é o ciclo de vida no qual se intercalam gerações haploide e diploide. 3. a

4. Um organismo haploide originado de um esporo e que produz gametas é chamado (▬). 4. e

5. O(A) (▬) é a comunidade de seres aquáticos fotossintetizantes que flutua junto à superfície. 5. d

6. Qual é a característica comum a todos os protozoários? 6. d

a) Todos têm vida livre.
b) Todos são aquáticos.
c) Todos têm parede celular.
d) Todos são unicelulares.

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 7 a 12.

a) doença de Chagas
b) disenteria amebiana
c) malária

7. O agente causador da (▬) é o protozoário flagelado *Trypanosoma* cruzi. 7. a

8. Os sintomas da (▬) são calafrios seguidos de picos de febre alta e mal-estar que ocorrem, em geral, a intervalos regulares de 48 ou 72 horas. 8. c

9. A (▬) é causada por protozoários do gênero *Plasmodium*. 9. c

10. O “barbeiro” é o inseto transmissor da (▬). 10. a

11. O agente transmissor da (▬) é o mosquito do gênero *Anopheles*. 11. c

12. A construção de instalações sanitárias adequadas é uma das principais providências para prevenir a (▬). 12. b

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases 13 e 14.

a) ascomicetos
b) basidiomicetos
c) quitrídios
d) zigomicetos

13. Cogumelos e orelhas-de-pau são corpos de frutificação de (▬). 13. b

14. As leveduras pertencem ao grupo dos (▬). 14. a

Questões para exercitar o pensamento

Registre em seu caderno

15. Construa uma tabela que compare algas, protozoários e fungos sob os seguintes aspectos: a) nutrição; b) organização estrutural; c) ambiente onde vivem; d) importância para a humanidade; e) doenças que causam; f) exemplos. Complemente seu trabalho com fotos e ilustrações.

16. Seu desafio é elaborar uma pequena história de ficção a partir de uma catastrófica manchete de jornal, publicada semanas antes de a Terra atravessar a cauda de um cometa recém-descoberto: “Gás da cauda de cometa pode exterminar fitoplâncton marinho”. Explore as consequências desse possível extermínio na cadeia alimentar dos mares e também nas alterações que poderiam ocorrer na atmosfera terrestre.

17. Imagine, hipoteticamente, que os fungos decompositores desaparecessem. Quais seriam as consequências disso?

Peça aos alunos que releiam o texto referente à diversidade das algas para que possam relembrar quais seres vivos fazem parte do fitoplâncton para facilitar a realização da atividade 16.

Faça você mesmo!

Registre em seu caderno

18. **Atividade prática: Observando e documentando algas e fungos macroscópicos**

O objetivo desta atividade é realizar uma observação dirigida e sistemática sobre algas e fungos macroscópicos, isto é, visíveis a olho nu. É importante documentar as observações com fotos, esquemas e ilustrações. O produto final de seu trabalho será um relatório conciso e ilustrado.

Algas macroscópicas podem ser encontradas facilmente nos litorais. Junto aos costões de pedras, particularmente, podem ser observadas dezenas de espécies de alga, de várias cores, formas e tamanhos. Algas macroscópicas também podem ser achadas em lojas de artigos culinários orientais: procure por *kombu*, *wakame*, *nori*, entre outras. É possível obter informações interessantes sobre as algas com os comerciantes que vendem o produto.

Depois de hidratadas, essas algas podem ser observadas ao microscópio.

Se possível, estimule os estudantes a produzir vídeos e imagens das observações desses grupos e também de sua utilização, estimulando sua criatividade. Os resultados podem ser compartilhados pela internet ou de outras maneiras pertinentes.

É fácil obter fungos para observação macroscópica. Basta deixar um pedaço de pão descoberto em um lugar úmido durante alguns dias. É provável que surja uma variada coleção de bolores de diversas cores sobre o pão. Com cuidado para não tocar no bolor, observe os fungos com uma lupa e identifique as hifas. As matas sombreadas e úmidas são ambientes onde vivem cogumelos e orelhas-de-pau, além dos liquens. Se possível, colete alguns exemplares desses organismos em diferentes estágios de maturação. Note as lamelas sob o chapéu, nas quais são produzidos os esporos. Vale lembrar que pouquíssimos fungos são comestíveis; assim, não coloque na boca cogumelos coletados nas matas. Cogumelos frescos comestíveis, como *champignon*, *shitake* e *shimeji*, podem ser adquiridos em feiras e mercados.

Após as observações e documentações, elabore um relatório com fotos, esquemas e ilustrações. Nesse relatório deverão constar informações relevantes sobre as espécies estudadas, como o nome científico, nome popular, hábitat, importância etc.

A Biologia no vestibular e no Enem

Registre em seu caderno

Questões objetivas

1. (PUC-RJ) Considere as seguintes afirmações referentes aos protozoários. 1. b

I. Considerando-se o nível de organização dos protozoários, pode-se afirmar corretamente que são seres acelulares como os vírus.
II. Pode-se afirmar corretamente que os protozoários só se reproduzem assexuadamente.
III. O protozoário causador da malária no homem é o parasita plasmódio.

a) Apenas II está correta.
b) Apenas III está correta.
c) Apenas I e II estão corretas.
d) Apenas II e III estão corretas.
e) Todas estão corretas.

2. (Unigranrio-RJ) Trata-se do agente causador da doença de Chagas: 2. a

a) *Trypanosoma cruzi*, um protozoário portador de flagelos que servem à sua locomoção e que tem como um dos vetores o inseto conhecido popularmente como “barbeiro”.
b) *Plasmodium falciparum*, um protozoário parasita desprovido de organelas de locomoção.
c) *Euglena viridis*, uma alga protista.
d) *Giardia lamblia*, um protozoário encontrado em apenas algumas regiões do Brasil e que se reproduz de forma assexuada.

3. (UFMG) Casacos de lã, sapatos de couro e cintos de algodão guardados por algum tempo em armários podem ficar mofados, pois os fungos necessitam de 3. d

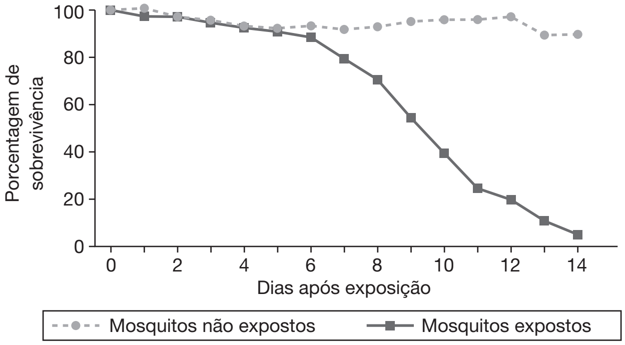
a) algas simbióticas para digerir o couro, a lã e o algodão.
b) baixa luminosidade para realizar fotossíntese.
c) baixa umidade para se reproduzirem.
d) substrato orgânico para o desenvolvimento adequado.

4. (USJ-SC) Os fungos nutrem-se por 4. d

a) digestão intracorporal e extracelular em órgãos digestivos.
b) fotossíntese.
c) liberação de matéria orgânica presente em suas hifas.
d) digestão extracorporal e absorção da matéria orgânica digerida do meio.

5. (Enem-MEC) Foram publicados recentemente trabalhos relatando o uso de fungos como controle biológico de mosquitos transmissores da malária. Observou-se o percentual de sobrevivência dos mosquitos *Anopheles* sp. após exposição ou não a superfícies cobertas com fungos sabidamente pesticidas, ao longo de duas semanas. Os dados obtidos estão presentes no gráfico abaixo. No grupo exposto aos fungos, o período em que houve 50% de sobrevivência ocorreu entre os dias 5. d

a) 2 e 4.
b) 4 e 6.
c) 6 e 8.
d) 8 e 10.
e) 10 e 12.



ADILSON SECCO

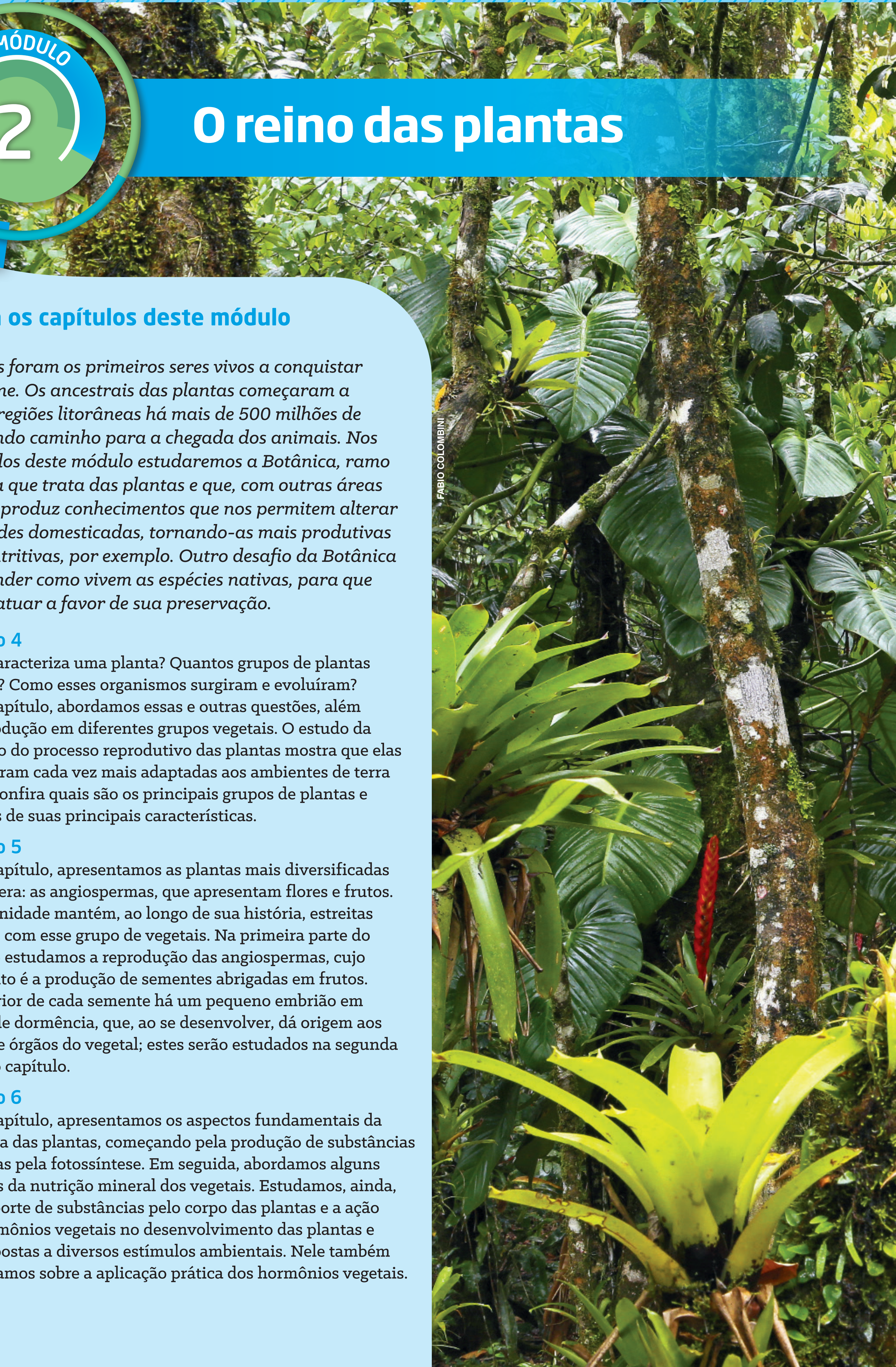
Questão discursiva

6. (UFRRJ) Um dos armários do laboratório da escola apareceu com pontos e fios brancos em suas portas, do lado interno. Um dos alunos identificou os pontos e os fios brancos como sendo um tipo de mofo. Para eliminá-lo, passou um pano embebido em álcool na porta, até limpá-la totalmente. Na semana seguinte, para surpresa do aluno, os pontos e fios reapareceram. A partir dos seus conhecimentos a respeito da estrutura e biologia dos fungos, explique por que o mofo reapareceu.

MÓDULO

2

O reino das plantas



FABIO COLOMBINI

Conheça os capítulos deste módulo

As plantas foram os primeiros seres vivos a conquistar a terra firme. Os ancestrais das plantas começaram a ocupar as regiões litorâneas há mais de 500 milhões de anos, abrindo caminho para a chegada dos animais. Nos três capítulos deste módulo estudaremos a Botânica, ramo da Biologia que trata das plantas e que, com outras áreas biológicas, produz conhecimentos que nos permitem alterar as variedades domesticadas, tornando-as mais produtivas ou mais nutritivas, por exemplo. Outro desafio da Botânica é compreender como vivem as espécies nativas, para que possamos atuar a favor de sua preservação.

Capítulo 4

O que caracteriza uma planta? Quantos grupos de plantas existem? Como esses organismos surgiram e evoluíram? Nesse capítulo, abordamos essas e outras questões, além da reprodução em diferentes grupos vegetais. O estudo da evolução do processo reprodutivo das plantas mostra que elas se tornaram cada vez mais adaptadas aos ambientes de terra firme. Confira quais são os principais grupos de plantas e algumas de suas principais características.

Capítulo 5

Nesse capítulo, apresentamos as plantas mais diversificadas da biosfera: as angiospermas, que apresentam flores e frutos. A humanidade mantém, ao longo de sua história, estreitas relações com esse grupo de vegetais. Na primeira parte do capítulo estudamos a reprodução das angiospermas, cujo ponto alto é a produção de sementes abrigadas em frutos. No interior de cada semente há um pequeno embrião em estado de dormência, que, ao se desenvolver, dá origem aos tecidos e órgãos do vegetal; estes serão estudados na segunda parte do capítulo.

Capítulo 6

Nesse capítulo, apresentamos os aspectos fundamentais da fisiologia das plantas, começando pela produção de substâncias orgânicas pela fotossíntese. Em seguida, abordamos alguns aspectos da nutrição mineral dos vegetais. Estudamos, ainda, o transporte de substâncias pelo corpo das plantas e a ação dos hormônios vegetais no desenvolvimento das plantas e nas respostas a diversos estímulos ambientais. Nele também comentamos sobre a aplicação prática dos hormônios vegetais.

Capítulo 4

MARCOS ISSA/ARGOSFOTO

A diversidade das plantas

Itens principais:

- Origem e evolução das plantas
- Grandes grupos de plantas atuais

Capítulo 5

SHEILA TERRY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Reprodução e desenvolvimento das angiospermas

Itens principais:

- Reprodução das angiospermas
- Desenvolvimento e componentes celulares das plantas
- Organização corporal das angiospermas

Capítulo 6

FABIO COLOMBINI

Fisiologia das plantas

Itens principais:

- A nutrição das plantas
- Absorção e condução da seiva mineral
- A condução da seiva orgânica
- Hormônios vegetais e controle do desenvolvimento
- Fitocromos e desenvolvimento

Uma grande diversidade de plantas pode ser constatada nesta imagem do Parque do Zizo, em que aparecem espécies representantes de diferentes grupos vegetais: musgos (filo Bryophyta), árvores e bromélias (filo Anthophyta), entre outros. (Tapiraí, SP, 2015.)

Capítulo 4 A diversidade das plantas

MARCOS ISSA/ARGOSFOTO

Cachos de frutos do guaraná (*Paullinia cupana*), planta amazônica com propriedades estimulantes e cardiotônicas. O extrato das sementes do guaraná é utilizado na fabricação de refrigerantes desde o início do século XX. Esse fruto pode chegar a 1,5 cm de diâmetro.

Nosso dia a dia com as plantas

Imagine que pudéssemos voltar no tempo e visitar a Terra de 500 milhões de anos atrás. Apesar da grande variedade de seres vivos presente nos mares, nas terras emersas ainda não havia vida. Entretanto, nos litorais, os antepassados das plantas já preparavam sua conquista do ambiente seco. A evolução dos vegetais e sua expansão nos ambientes de terra firme criaram condições para a ocupação e a adaptação dos animais à vida fora d'água. Até hoje, a quase totalidade dos seres vivos de terra firme depende direta ou indiretamente das plantas, que ocupam os mais diversos hábitats e são essenciais para a vida em nosso planeta.

Vejamos alguns exemplos de como as plantas participam de nosso cotidiano. Você acorda e lembra que logo mais tem prova de Biologia, cujo tema é Botânica. Na mesa do café da manhã, sua irmã percebe que você está um pouco nervoso e lhe pergunta se quer um chazinho de erva-cidreira – *Melissa officinalis* –, planta à qual tradicionalmente se atribuem propriedades calmantes. Mas você prefere uma infusão de sementes torradas e moídas de plantas do gênero *Coffea*, conhecidas por suas propriedades estimulantes, ou seja, um café bem encorpado, enquanto seu irmão mais novo toma leite com um pó obtido de sementes fermentadas da planta *Theobroma cacao*, o popular chocolate.

Já na escola, enquanto responde às questões de Botânica, você não pode deixar de notar que elas estão impressas em fibras de celulose altamente prensada, o papel, sem o qual nossa cultura não seria a mesma. A propósito, você sabia que a celulose, que constitui as paredes das células vegetais, é o material orgânico mais abundante na Terra?

Na hora do intervalo, você fica em dúvida entre comer um tablete de *T. cacao* e uma fruta fresca, mas escolhe a segunda opção, um fruto partenocárpico (produzido sem fecundação) de *Musa paradisiaca*, a banana. Sua escolha foi acertada, pois a banana é fonte de potássio, sal mineral indispensável ao trabalho muscular da próxima aula: Educação Física.

De volta a casa, no almoço, um prato repleto de vegetais espera por você. Seus familiares sabem o quanto uma dieta equilibrada, rica em verduras e legumes crus e cozidos, é boa para a saúde. De entrada, uma bela salada de *Lactuca sativa* (alface) com *Solanum lycopersicum* (tomate); como prato principal, a dupla mais tradicional do Brasil: sementes de uma espécie do gênero *Oryza*, o arroz, servidas com sementes de *Phaseolus vulgaris*, o feijão. Sem falar de um refogado preparado com uma das muitas variedades de *Brassica oleracea*, a couve, temperada com bulbos finamente fatiados e fritos de *Allium sativum*, o alho.

Esse relato nos leva a perceber toda a importância das plantas em nossas vidas. Além de servir como alimento ou ser usadas para fins medicinais, muitas plantas são fundamentais para a produção de materiais úteis à humanidade, como madeiras, papel, fibras etc.

No fim do dia, embora cansado, você está entusiasmado com todas as coisas que aprendeu e com as atividades de um dia intenso. Porém, amanhã será um novo dia, com aulas, provas e atividades físicas, e é preciso dormir. Então você pensa: “Sabe aquele chazinho de erva-cidreira? Acho que agora vou querer um...”.

Aproveite este momento para explorar com os alunos outros exemplos de como as plantas participam do nosso cotidiano. É interessante apresentar exemplos de plantas utilizadas como tema de pinturas (Monet e Renoir, por exemplo), grafites (como Mona Caron) e arte corporal (tatuagens); de plantas medicinais utilizadas por comunidades indígenas; e de vegetais utilizados como matéria-prima na construção de residências.

A importância do assunto

Neste capítulo iniciamos os estudos de Botânica, denominação genérica dada ao ramo da Biologia dedicado às plantas. Esses organismos estão tão intimamente relacionados à nossa civilização que nem sempre nos damos conta de sua presença em nosso dia a dia; foi isso que procuramos ressaltar no texto anterior.

O que caracteriza uma planta? Quantos grupos de plantas existem? Como esses organismos surgiram e evoluíram em nosso planeta? Neste capítulo, abordaremos esses e outros assuntos, bem como o estudo comparado da reprodução em diferentes grupos de plantas, que mostra como elas se tornaram cada vez mais adaptadas aos ambientes de terra firme.

Conhecer melhor as plantas, grandes provedoras da vida animal, é um exercício de cidadania, haja vista sua importância na nossa vida. Hoje, a Botânica e outras áreas da Biologia procuram aprofundar os conhecimentos sobre as plantas domesticadas, tornando-as mais produtivas, de maneira que atendam às nossas necessidades. Outro desafio é conhecer e compreender como vivem as espécies vegetais nativas, cuja preservação é fundamental para a conservação da biodiversidade dos ecossistemas da Terra.

4.1 Origem e evolução das plantas

Pesquisas científicas sugerem que as plantas surgiram no período Ordoviciano (485 Ma-443 Ma), por volta de 470 milhões de anos atrás, provavelmente a partir de um grupo de algas verdes multicelulares.

Ao longo de sua evolução, as plantas desenvolveram diversas adaptações à vida em terra firme, como: mecanismos eficientes de absorção de água e de sais minerais do solo; capacidade de distribuir água e nutrientes pelo corpo vegetal; proteção contra a perda de água por evaporação, entre outras.

À medida que as plantas evoluíram, surgiram linhagens nas quais era cada vez menor a necessidade de água líquida para a reprodução sexuada, ao mesmo tempo que ocorria redução da fase haploide do ciclo de vida e expansão da fase diploide. Com isso, as plantas se tornaram cada vez mais bem adaptadas aos ambientes de baixa umidade, como veremos no capítulo.

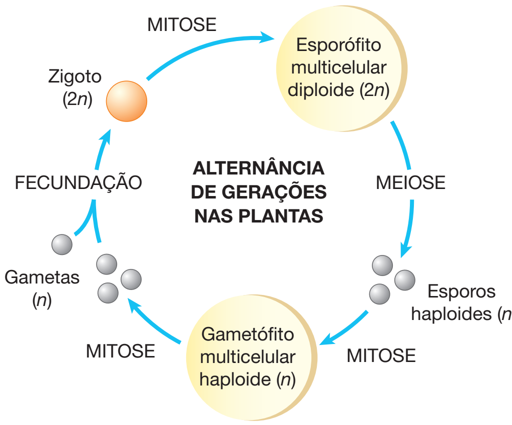
A ênfase às vezes dada à terminologia científica no estudo da Botânica pode desestimular os alunos, que acabam tentando se apropriar dos conceitos por meio da memorização. Para evitar isso, tente enfatizar aspectos integradores da Biologia, como a compreensão da simultaneidade entre a diversidade e a unidade da vida, durante o estudo dos quatro grandes grupos de planta. Veja mais informações no **Suplemento para o professor**.

O que caracteriza as plantas

Que característica exclusiva permite reunir todas as plantas em uma mesma categoria taxonômica, o reino **Plantae**? Em outras palavras, que traço é apresentado por todas as plantas e por nenhum outro grupo de seres vivos?

Segundo os sistematas, a característica que diferencia as **plantas** de todos os outros seres vivos é a formação de **embriões maciços**, sem cavidades internas, cujo desenvolvimento ocorre à custa do organismo materno. Certas algas multicelulares também formam embriões maciços, mas que são independentes do organismo materno e não pertencem, portanto, ao reino das plantas.

Todas as plantas apresentam ciclo de vida alternante, ou seja, **alternância de gerações** haploides (*n*) e diploides (2*n*). A geração haploide é constituída por indivíduos produtores de gametas, os **gametófitos**, sendo por isso denominada **geração gametofítica**. Gametas formados pelos gametófitos originam, pela fecundação, **zigotos** diploides. O zigoto se desenvolve e origina uma planta diploide, o **esporófito**, que na maturidade formará esporos, constituindo a **geração esporofítica**. Um esporo, ao germinar, produz um gametófito haploide, fechando o ciclo. (Fig. 4.1)


MITOSE
Esporófito multicelular diploide (2*n*)
Zigoto (2*n*)
FECUNDAÇÃO
ALTERNÂNCIA DE GERAÇÕES NAS PLANTAS
MEIOSE
Gametas (*n*)
Esporos haploides (*n*)
MITOSE
Gametófito multicelular haploide (*n*)
MITOSE

ADILSON SECCO

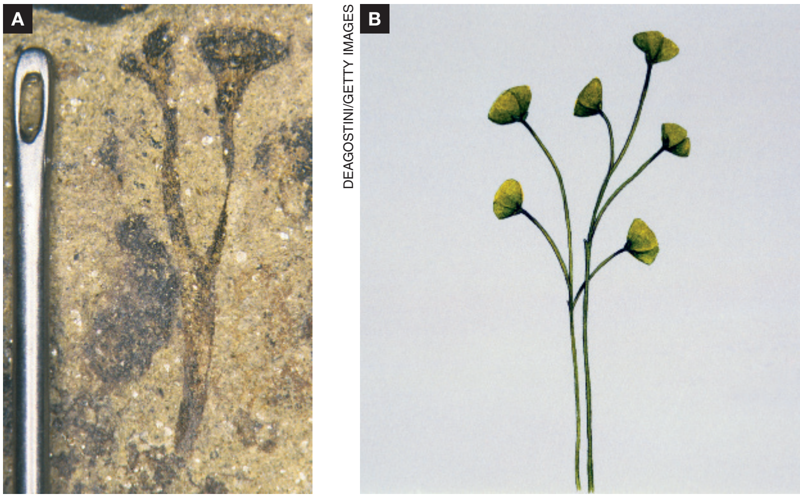
Figura 4.1 Representação esquemática do ciclo de vida alternante das plantas.

Origem dos grandes grupos de plantas

Com base em diversas evidências, supõe-se que as primeiras plantas a conquistar a terra firme eram semelhantes às briófitas de hoje, que não possuem vasos (tubos) condutores de seiva, o que levou os botânicos a denominá-las **plantas avasculares** (do grego *a*, prefixo de negação, e do latim *vasculum*, pequeno vaso, túbulo).

Uma conquista evolutiva das plantas, a partir daquelas "briófitas" pioneiras, foi o desenvolvimento de estruturas especializadas na absorção de água e sais minerais do solo – as **raízes** – e de estruturas tubulares internas destinadas ao transporte rápido e eficiente de soluções nutritivas – os **vasos condutores de seiva**. Vegetais dotados de vasos condutores de seiva são denominados **plantas vasculares** ou **traqueófitas**.

As primeiras plantas vasculares aparecem no documentário fóssil em meados do período Siluriano (443 Ma-419 Ma), por volta de 430 Ma, cerca de 40 milhões de anos após a conquista da terra firme. Com exceção das briófitas, todos os outros grupos vegetais atuais – pteridófitas, gimnospermas e angiospermas – são traqueófitas. (Fig. 4.2)



MARY EVANS/DIOMEDIA – NATURAL HISTORY MUSEUM, LONDON

DEAGOSTINI/GETTY IMAGES

Figura 4.2 A. Rocha com fóssil de esporófito de *Cooksonia pertoni*; à esquerda, agulha como referência de tamanho. **B.** Representação artística de esporófitos de plantas do gênero *Cooksonia*, a mais antiga planta conhecida a ter caule com tecido vascular, sendo considerada uma forma de transição entre as briófitas avasculares e as plantas vasculares. Eram plantas pequenas, com poucos centímetros de altura; a espessura do caule nas diversas espécies conhecidas variava entre 0,03 mm e 3 mm.

As plantas vasculares desenvolveram sistemas eficientes de proteção contra a perda de água (epidermes impermeáveis e estômatos de abertura regulável, que serão estudados nos próximos capítulos), o que permitiu a colonização de regiões relativamente secas, distantes das bordas de rios e lagos onde viveram seus ancestrais. Nessa etapa do processo evolutivo, as plantas assumiram sua organização corporal típica: raízes, caule e folhas.

Com essas novidades evolutivas, as plantas vasculares puderam atingir grandes tamanhos e constituíram as primeiras florestas, ambientes propícios à evolução dos animais de terra firme, que encontraram na vegetação abrigo e alimento.

As plantas vasculares pioneiras, entretanto, ainda dependiam da água líquida para se reproduzir. Isso porque os gametas masculinos, dotados de flagelos locomotores, tinham que nadar para chegar aos gametas femininos e fecundá-los, como ainda ocorre em briófitas e pteridófitas atuais, conhecidas como criptógamas.

Uma estratégia evolutiva importante desenvolvida pelas plantas, que possibilitou sua independência da água líquida para a fecundação, consistiu em uma mudança radical no ciclo de vida alternante herdado das algas ancestrais. Em vez de ter vida independente, o gametófito passou a viver sobre o esporófito, encontrando ali proteção e alimento. Além disso, tecidos do gametófito tornaram-se capazes de absorver substâncias nutritivas do ”esporófito-mãe”, utilizando-as no desenvolvimento do embrião (o jovem esporófito), até este formar raízes e folhas e poder viver por conta própria. O conjunto constituído pelo embrião enclausurado nos tecidos nutrititivos do gametófito é a **semente**.

O estudo de fósseis indica que as primeiras plantas com semente surgiram no final do período Carbonífero (358,9 Ma-298,9 Ma); elas foram as ancestrais das fanerógamas, que incluem as gimnospermas atuais e as plantas frutíferas, as angiospermas. Antes do período Cretáceo (145 Ma-66 Ma), as florestas eram constituídas por pteridófitas gigantes e por gimnospermas. Em meados do período Cretáceo surgiram as angiospermas, plantas em que uma ou mais sementes se encontram alojadas no interior de um fruto. Além de proteger as sementes, o fruto tem papel importante em sua disseminação, garantindo a colonização de novos ambientes.

Após as grandes extinções ocorridas há 66 milhões de anos, quando 75% das espécies desapareceram, as angiospermas diversificaram-se profusamente, passando a constituir o grupo de plantas dominante do planeta, situação que perdura até os dias de hoje.

4.2 Grandes grupos de plantas atuais

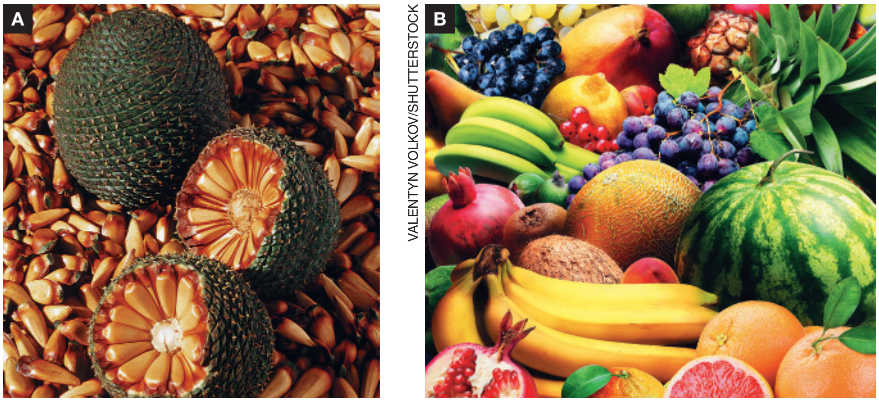
No sistema de classificação que adotamos, as plantas atuais são classificadas em 10 filos. Sete deles são de plantas vasculares (traqueófitas) e três são de plantas avasculares, sem vasos condutores de seiva (briófitas). (Tab. 4.1)

TABELA 4.1 CARACTERÍSTICAS E CLASSIFICAÇÃO DOS COMPONENTES ATUAIS DO REINO PLANTAE

Características			Filos
Vasos condutores	**Semente**	**Fruto**	
Ausentes	Ausente	Ausente	**Bryophyta** (musgos) **Hepatophyta** (hepáticas) **Anthocerophyta** (antóceros)
Presentes	Ausente	Ausente	**Pteridophyta** (samambaias, avencas, cavalinhas e psilotos) **Lycopodiophyta** (licopódios e selaginelas)
	Presente	Ausente	**Coniferophyta** (coníferas) **Cycadophyta** (cicadófitas) **Gnetophyta** (gnetófitas) **Ginkgophyta** (gincófitas)
		Presente	**Anthophyta** (angiospermas)

As plantas vasculares são geralmente separadas em dois grandes grupos, com base na presença ou na ausência de semente. Plantas vasculares sem sementes são chamadas informalmente de **pteridófitas**, entre as quais as mais conhecidas são as samambaias e as avencas, pertencentes ao filo Pteridophyta.

As plantas vasculares com sementes são genericamente chamadas **espermatófitas** ou **fanerógamas**. Entre elas, há um grupo em que as sementes se localizam externamente no órgão reprodutivo feminino, o que lhes valeu a denominação de **gimnospermas** (do grego *gymnos*, nu, e *sperma*, semente). Os representantes mais conhecidos das gimnospermas atuais são os pinheiros e os ciprestes. O outro grupo de plantas vasculares apresenta as sementes abrigadas no interior do fruto; são as **angiospermas** (do grego *angion*, vaso, e *sperma*, semente). A maioria das plantas atuais, produtoras de flores e frutos, pertence ao grupo das angiospermas. (Fig. 4.3)



ZIG KOCH/OPÇÃO BRASIL IMAGENS

VALENTYN VOLKOV/SHUTTERSTOCK

Figura 4.3 A. Pinhas do pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*); a pinha intacta (na parte de cima da foto) chega a medir cerca de 20 cm de diâmetro; abaixo dela, pinhas parcialmente desfeitas pela liberação de algumas sementes (pinhões), que medem aproximadamente 7 cm de comprimento. **B.** Frutos de angiospermas; alguns foram cortados, evidenciando as sementes em seu interior.

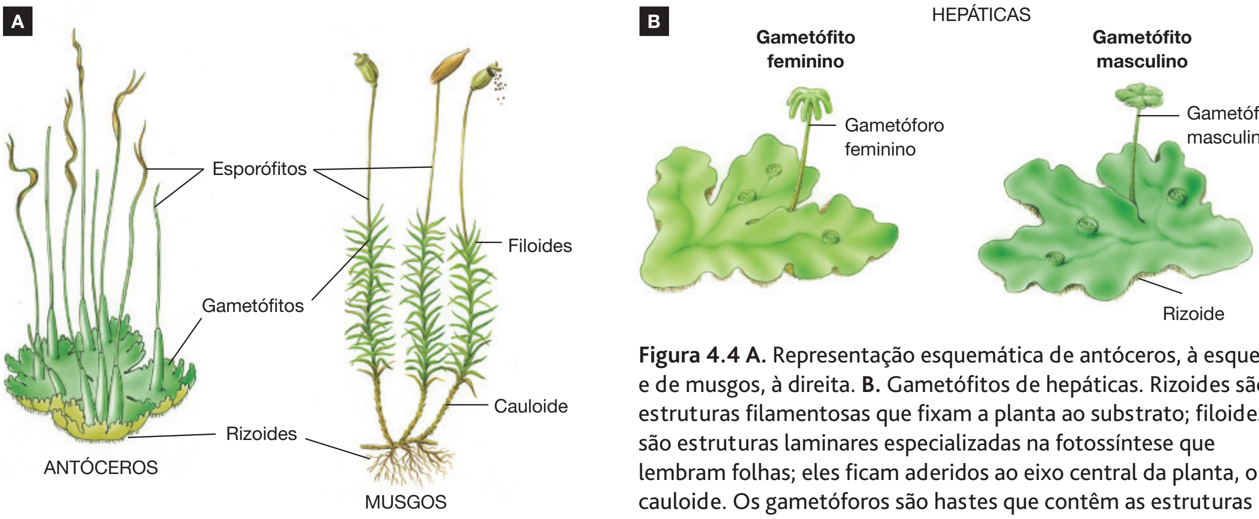
Plantas avasculares: briófitas

Características gerais

As **briófitas** (do grego *brion*, musgos) são plantas pequenas e delicadas, que vivem em ambientes úmidos e sombreados como barrancos e troncos de árvores no interior das matas; a maioria das espécies não ultrapassa 5 cm de altura.

Entre as briófitas mais conhecidas estão os musgos, capazes de formar densos tapetes verdes sobre pedras, troncos de árvores e barrancos. Há poucas briófitas vivendo em água doce e nenhuma espécie marinha. As turfeiras, tipo de vegetação de regiões úmidas que ocupa mais de 1% da superfície dos continentes, são formadas por musgos do gênero *Sphagnum*, as plantas mais abundantes no planeta.

No sistema de classificação que adotamos, as briófitas são distribuídas em três filos: Bryophyta (musgos), Hepatophyta (hepáticas) e Anthocerophyta (antóceros). (Fig. 4.4)



ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Figura 4.4 A. Representação esquemática de antóceros, à esquerda, e de musgos, à direita. **B.** Gametófitos de hepáticas. Rizoides são estruturas filamentosas que fixam a planta ao substrato; filoides são estruturas laminares especializadas na fotossíntese que lembram folhas; eles ficam aderidos ao eixo central da planta, o cauloide. Os gametóforos são hastes que contêm as estruturas produtoras de gametas. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Reprodução e ciclo de vida

Muitas briófitas reproduzem-se assexuadamente por **fragmentação**, processo em que pedaços de um indivíduo ou de uma colônia separam-se e originam novas plantas.

O gametófito haploide (*n*) é a geração mais desenvolvida e persistente do ciclo de vida das briófitas. Por sua vez, o esporófito diploide (2*n*) tem tamanho reduzido e sempre se desenvolve sobre o gametófito, nutrindo-se deste até atingir a maturidade, quando produz esporos e morre.

Na maioria das espécies, os gametófitos são **dioicos** (do grego *di*, duas, e *oikos*, casa), ou unissexuais, ou seja, há plantas com estruturas reprodutivas masculinas e plantas com estruturas reprodutivas femininas. Há também algumas espécies **monoicas** (do grego *monos*, uma, e *oikos*, casa), ou bissexuais (hermafroditas): a mesma planta tem estruturas reprodutivas masculinas e femininas.

Na maturidade, os gametófitos formam estruturas reprodutivas masculinas, os **anterídios**, e femininas, os **arquegônios**. Nos anterídios diferenciam-se gametas masculinos dotados de flagelos, os **anterozoides**; em cada arquegônio diferencia-se um gameta feminino, a **oosfera**. (Fig. 4.5)

Os anterozoides libertam-se do anterídio e passam a nadar na água acumulada sobre as plantas masculinas. No caso das espécies dioicas de musgos, por exemplo, respingos de chuva ou de garoa esborrifam essa água, que carrega anterozoides para musgos femininos próximos. Os anterozoides nadam então em direção aos arquegônios, penetram neles e fecundam a oosfera, surgindo assim o zigoto diploide. Este se divide por mitoses sucessivas, originando o esporófito, que continua fisicamente ligado ao gametófito materno.

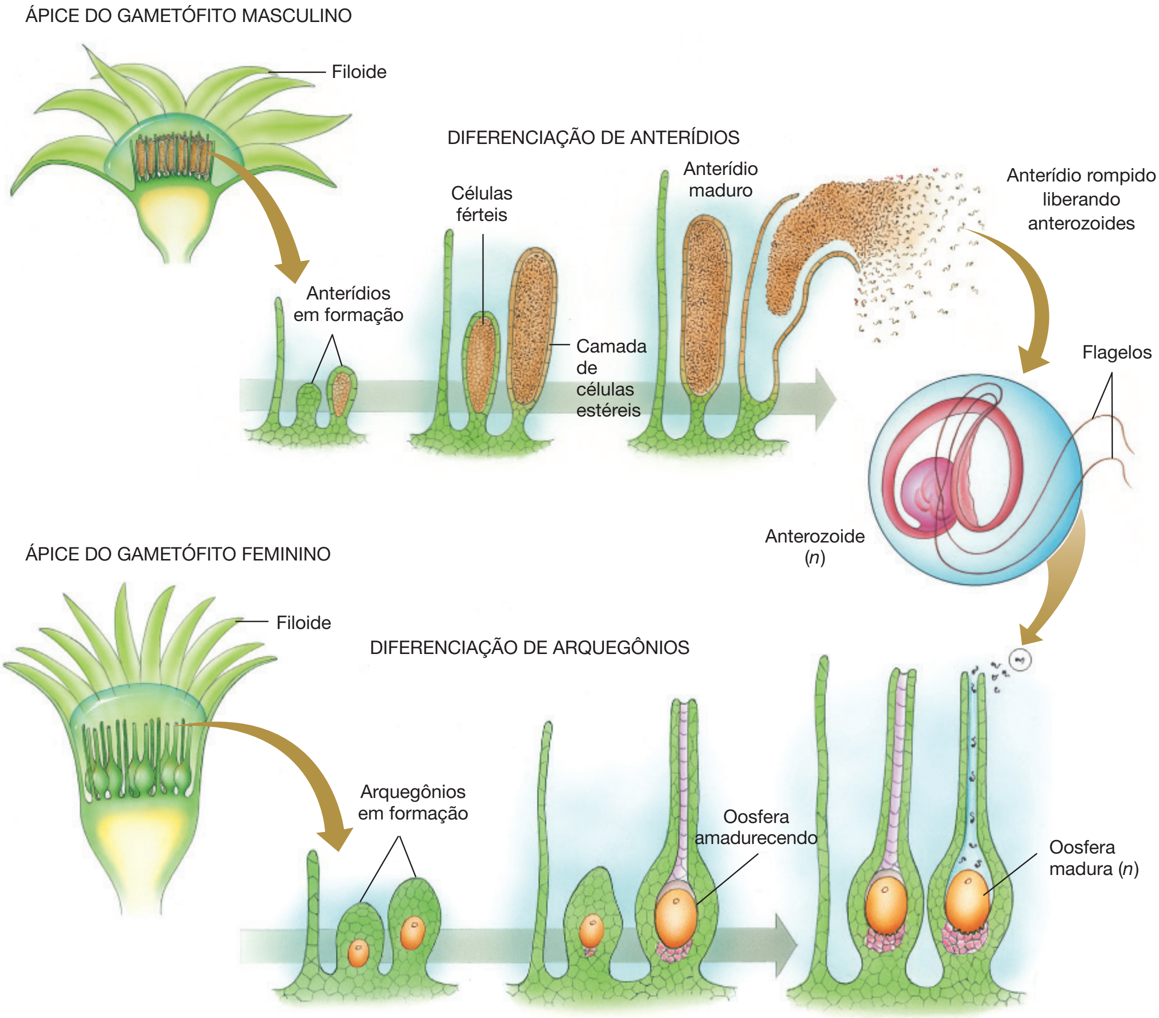

ÁPICE DO GAMETÓFITO MASCULINO
Filoide
DIFERENCIAÇÃO DE ANTERÍDIOS
Anterídio maduro
Anterídio rompido liberando anterozoides
Células férteis
Anterídios em formação
Camada de células estéreis
Flagelos
Anterozoide (*n*)
ÁPICE DO GAMETÓFITO FEMININO
Filoide
DIFERENCIAÇÃO DE ARQUEGÔNIOS
Arquegônios em formação
Oosfera amadurecendo
Oosfera madura (*n*)

Figura 4.5 Representações esquemáticas de cortes longitudinais de anterídios e de arquegônios de um musgo, no qual os órgãos reprodutivos se formam no ápice das plantas. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) (Elaboradas com base em Raven, P. H. e cols., 2007.)

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

O esporófito em desenvolvimento tem sua base, o “pé”, mergulhada nos tecidos do gametófito materno. Na extremidade livre do esporófito forma-se uma dilatação – o **esporângio** –, em cujo interior as células-mãe de esporos (esporócitos) dividem-se por meiose e originam **esporos** haploides. Libertando-se do esporófito, os esporos dispersam-se com o vento e, ao atingir um local com condições de umidade, temperatura e luminosidade favoráveis, germinam. A germinação consiste em sucessivas divisões mitóticas do esporo, originando-se um gametófito que, na maturidade, repetirá o ciclo. (Fig. 4.6)

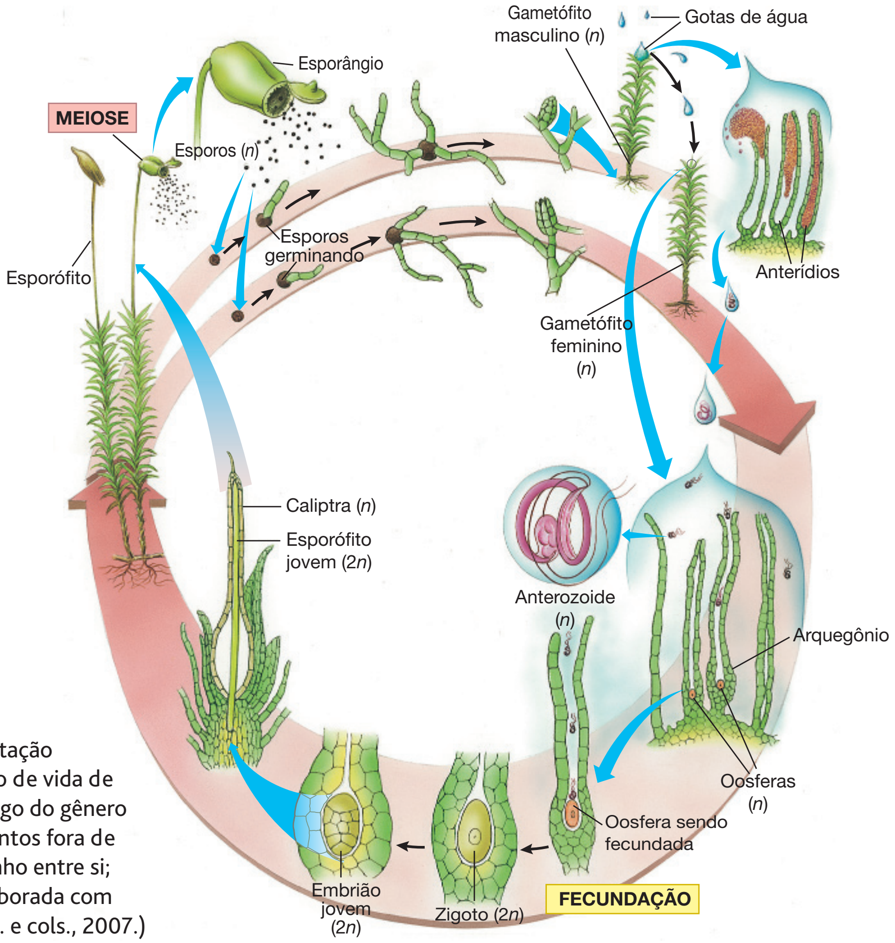

Gametófito masculino (n)
Gotas de água
Esporângio
MEIOSE
Esporos (n)
Esporos germinando
Esporófito
Anterídios
Gametófito feminino (n)
Caliptra (n)
Esporófito jovem (2n)
Anterozoide (n)
Arquegônio
Oosferas (n)
Oosfera sendo fecundada
FECUNDAÇÃO
Embrião jovem (2n)
Zigoto (2n)

Figura 4.6 Representação esquemática do ciclo de vida de uma espécie de musgo do gênero *Polytrichum*. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) (Elaborada com base em Raven, P. H. e cols., 2007.)

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Plantas vasculares sem sementes: pteridófitas

Características gerais

As **pteridófitas** são plantas vasculares que não formam sementes. Seus esporófitos, fase predominante do ciclo de vida, são constituídos por folhas, caule e raízes e apresentam dois tipos de tecidos condutores de seiva: o **xilema** (do grego *xylon*, madeira), que transporta água e sais minerais das raízes até as folhas, e o **floema** (do grego *phloos*, casca), que transporta açúcares e outros compostos orgânicos produzidos nas folhas para o restante da planta. A solução de água e sais transportada pelo xilema constitui a **seiva mineral**, ou seiva xilemática; a solução de substâncias orgânicas transportada pelo floema constitui a **seiva orgânica**, ou seiva floemática. (Fig. 4.7)

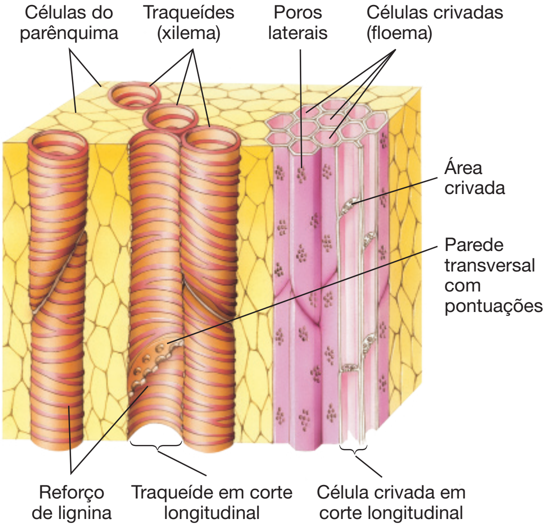

Células do parênquima
Traqueídes (xilema)
Poros laterais
Células crivadas (floema)
Área crivada
Parede transversal com pontuações
Reforço de lignina
Traqueíde em corte longitudinal
Célula crivada em corte longitudinal

Figura 4.7 Representação esquemática de corte de caule mostrando os componentes dos tecidos vasculares das pteridófitas: traqueídes, que fazem parte do xilema, e células crivadas, que fazem parte do floema. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

O gametófito haploide das pteridófitas, também denominado prótalo, é pouco desenvolvido e nutre o esporófito diploide apenas nas fases iniciais do desenvolvimento. Ao formar raízes e folhas, o esporófito torna-se independente do gametófito materno, o qual regride.

No sistema de classificação que adotamos, as pteridófitas são distribuídas em dois filos: **Pteridophyta** (samambaias, avencas, cavalinhas e psilotos) e **Lycopodiophyta** (licopódios e selaginelas). (Fig. 4.8)

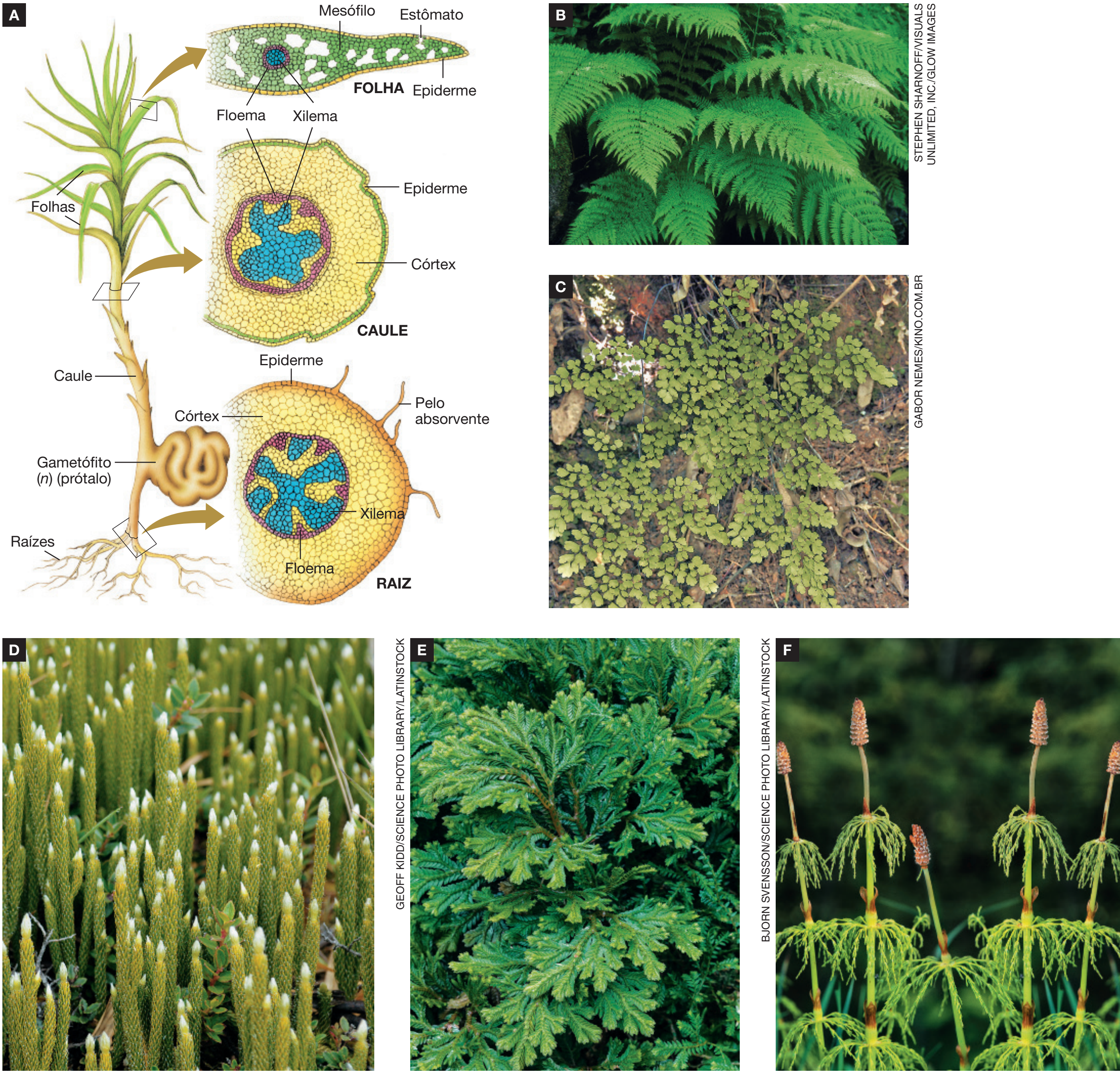

A
Mesófilo
Estômato
FOLHA
Epiderme
Floema
Xilema
Folhas
Epiderme
Córtex
CAULE
Caule
Epiderme
Córtex
Pelo absorvente
Gametófito (n) (prótalo)
Xilema
Raízes
Floema
RAIZ
B
C
D
E
F

ILUSTRAÇÃO: JURANDIR RIBEIRO

STEPHEN SHARNOFF/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

GABOR NEMES/KINO.COM.BR

MARTIN SHIELDS/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

GEOFF KIDD/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

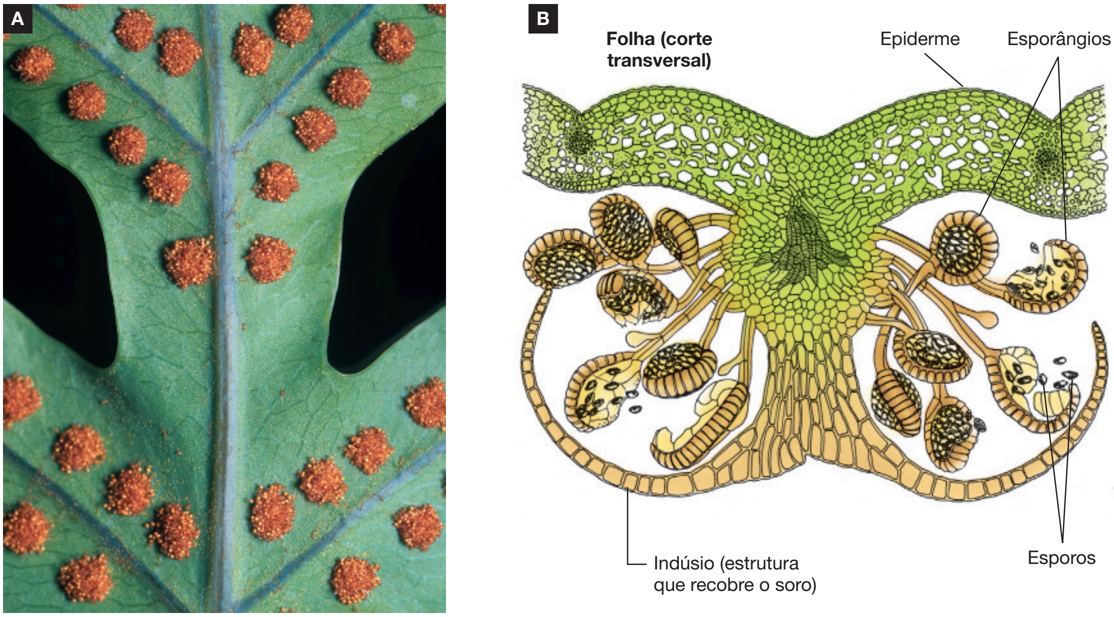
BJORN SVENSSON/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Figura 4.8 A. Representação esquemática de esporófito jovem de pteridófita, com cortes transversais na folha, no caule e na raiz, para mostrar a organização dos tecidos nessas partes. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) (Elaborada com base em Raven, P. H. e cols., 2007.) Alguns representantes do grupo das pteridófitas: **B.** *Athyrium filix*, samambaia cujas folhas medem cerca de 90 cm de comprimento. **C.** *Adiantum raddianum*, planta conhecida como avenca, cujas folhas atingem 50 cm de comprimento. **D.** *Lycopodium* sp., licopódio com aproximadamente 20 cm de altura. **E.** *Selaginella martinsii*, selaginela cujas folhas medem cerca de 15 cm de comprimento. **F.** *Equisetum pratense*, planta conhecida como cavalinha, que chega a medir 50 cm de altura.

Reprodução e ciclo de vida

Muitas espécies de pteridófita apresentam caule do tipo rizoma, cujo crescimento é paralelo ao solo. Esse tipo de caule pode permitir que a pteridófita se reproduza assexuadamente por **brotamento**. Nesse processo, o rizoma forma pontos vegetativos espaçados, que originam folhas e raízes. A fragmentação ou a decomposição do rizoma entre os pontos vegetativos isola-os uns dos outros, originando plantas independentes.

No ciclo de vida alternante das pteridófitas, os esporófitos adultos apresentam folhas “férteis”, onde se formam **esporângios**, nos quais se desenvolvem esporócitos. Estes passam por meiose e originam **esporos** haploides, que se libertam dos esporângios e são transportados pelo vento. (Fig. 4.9)


A
B
Folha (corte transversal)
Epiderme
Esporângios
Indúsio (estrutura que recobre o soro)
Esporos

DR. BRAD MOGEN/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

SIMONKA

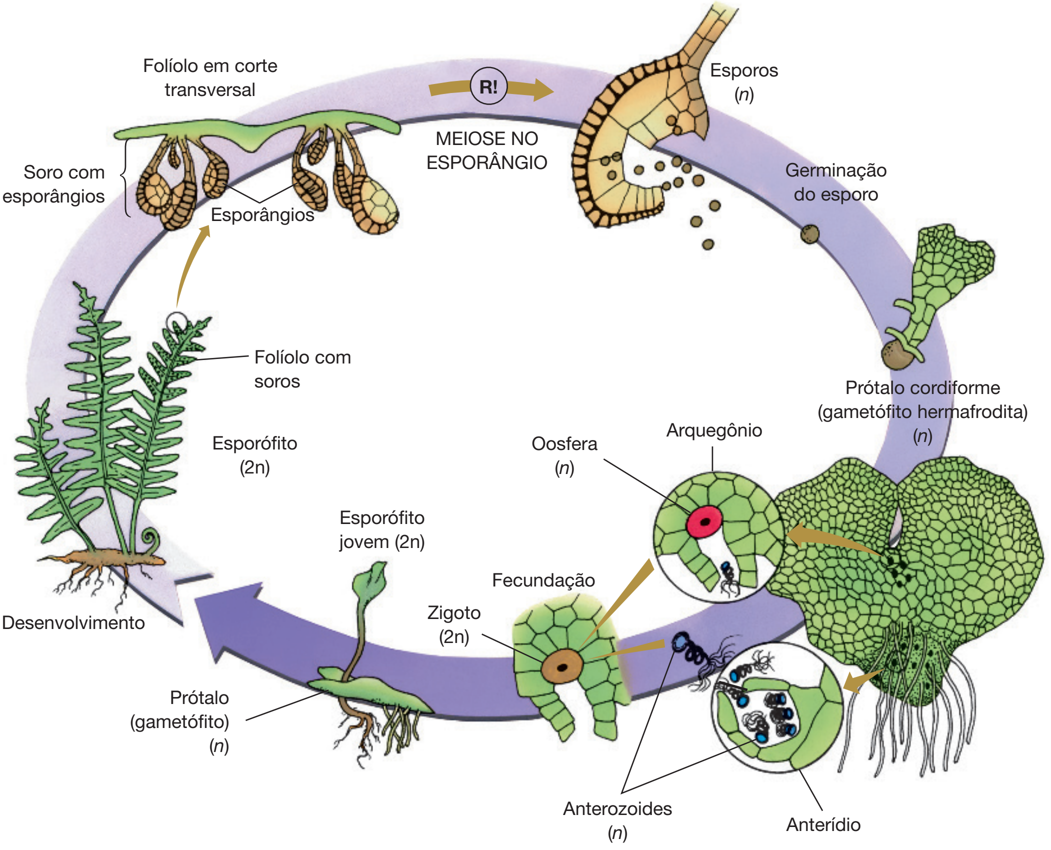
Figura 4.9 A. Face inferior de uma folha fértil de samambaia de *Pteridium* sp. com soros alinhados ao longo dos folíolos, os quais podem medir até 60 cm de comprimento cada um. **B.** Representação esquemática de um soro, estrutura foliar que contém esporângios, em corte transversal. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) (Elaborada com base em Rawitscher, F., 1968.)

Se encontrar condições de umidade, temperatura e luminosidade favoráveis, o esporo germina originando um gametófito multicelular achatado e cordiforme, o **prótalo** (do grego *protos*, primeiro, e *thallos*, corpo vegetativo filamentoso ou laminar). Na maioria das espécies de pteridófita, entre elas as samambaias e as avencas, o gametófito é monoico (bissexuado ou hermafrodita) e produz arquegônios (femininos) e anterídios (masculinos).

O **arquegônio** das pteridófitas é uma estrutura em forma de garrafa em cujo interior se diferencia o gameta feminino: a **oosfera** (*n*). Quando o arquegônio amadurece, abre-se nele um canal por onde penetram os gametas masculinos.

O **anterídio** é uma estrutura arredondada, em cujo interior se diferenciam gametas masculinos flagelados: os **anterozoides** (*n*). Quando o anterídio amadurece, sua parede se rompe e liberta os anterozoides, que nadam até os arquegônios, onde penetram; apenas um anterozoide fecunda a oosfera, originando-se o zigoto diploide. Este se divide por mitoses sucessivas formando o embrião, que no início do seu desenvolvimento será nutrido por substâncias do gametófito.

As células do embrião em desenvolvimento logo se diferenciam em raiz, caule e folhas, definindo a organização básica do corpo da planta. A raiz entra em contato com o substrato, de onde absorve água e nutrientes minerais. Os cloroplastos presentes nas células das primeiras folhas possibilitam ao esporófito jovem realizar fotossíntese, de modo que não necessita mais do gametófito para se nutrir. Quando as reservas de nutrientes do gametófito se esgotam, ele degenera. Na maturidade, o esporófito desenvolverá folhas férteis, nas quais se formarão esporos, completando o ciclo. (Fig. 4.10)



Folíolo em corte transversal
R!
MEIOSE NO ESPORÂNGIO
Esporos (n)
Germinação do esporo
Soro com esporângios
Esporângios
Folíolo com soros
Esporófito (2n)
Prótalo cordiforme (gametófito hermafrodita) (n)
Arquegônio
Oosfera (n)
Esporófito jovem (2n)
Fecundação
Zigoto (2n)
Desenvolvimento
Prótalo (gametófito) (n)
Anterozoides (n)
Anterídio

SIMONKA

Figura 4.10 Representação esquemática do ciclo de vida de uma samambaia, pteridófita que produz um único tipo de esporo, que germina originando um gametófito (prótalo) hermafrodita. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) (Elaborada com base em Rawitscher, F., 1968.)

As espécies de pteridófita que formam apenas um único tipo de esporo, como no exemplo anterior, são denominadas **homosporadas** (do grego *homos*, igual). Entretanto, há também algumas espécies **heterosporadas** (do grego *hetero*, diferente), como as dos gêneros *Selaginella*, *Salvinia* e *Marsilea*, que produzem dois tipos de esporo, um grande — o **megásporo** — e outro pequeno — o **micrósporo**.

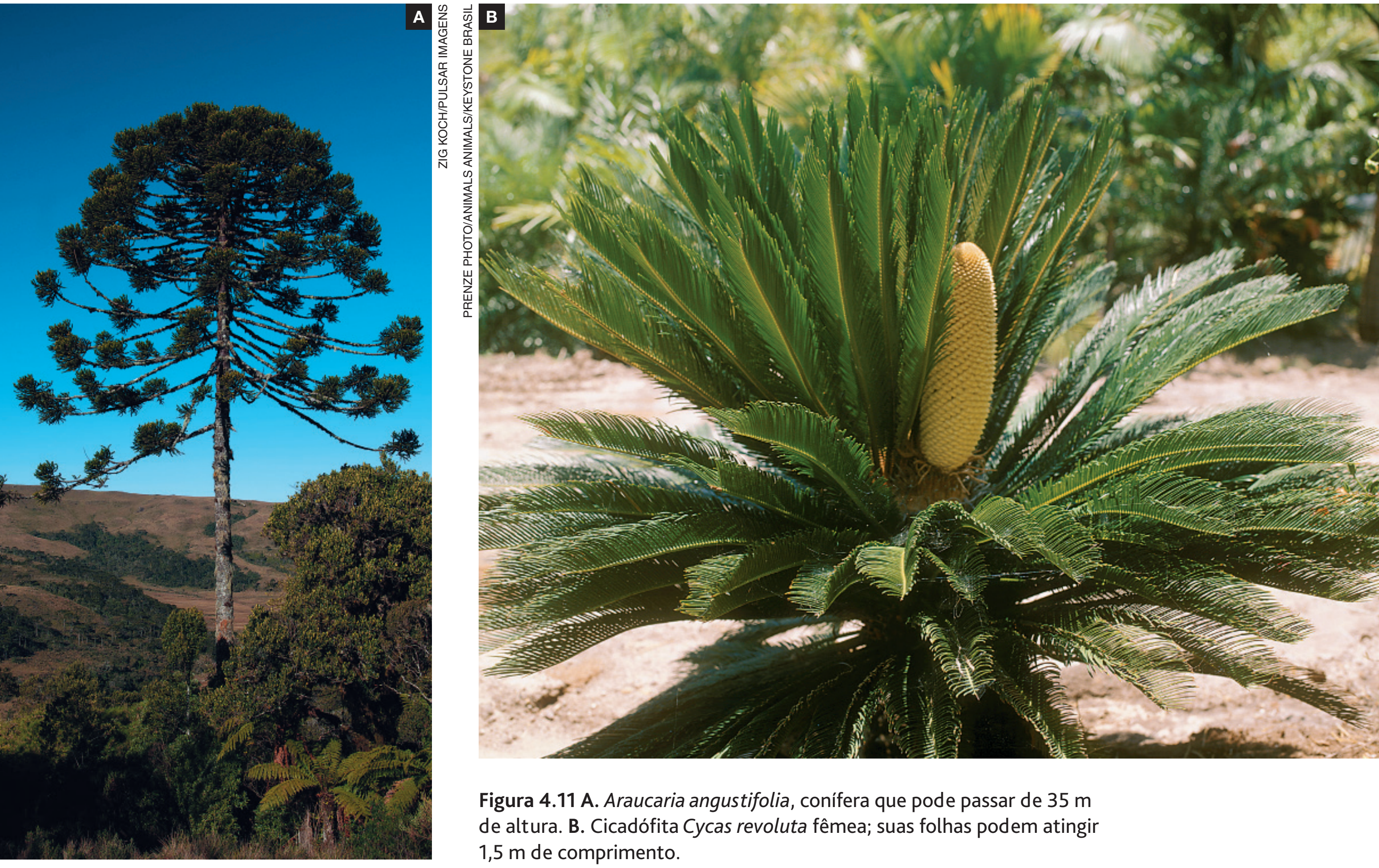
Ao germinar, o micrósporo origina o microprótalo, que forma somente anterídios, onde se diferenciam anterozoides. Portanto, o microprótalo corresponde à geração gametofítica masculina. O megásporo, ao germinar, origina o megaprótalo, onde se diferenciam arquegônios com oosferas. Portanto, o megaprótalo corresponde à geração gametofítica feminina.

Plantas vasculares com sementes nuas: gimnospermas

Características gerais

O termo **gimnosperma** (do grego *gymnos*, nu, e *sperma*, semente) é utilizado informalmente para designar alguns grupos de plantas portadoras de sementes que não estão abrigadas em frutos. As gimnospermas são classificadas atualmente em quatro filos: **Coniferophyta** (coníferas), **Cycadophyta** (cicadófitas), **Gnetophyta** (gnetófitas) e **Ginkgophyta** (gincófitas) (Fig. 4.11).

A maioria das espécies atuais de gimnosperma é composta pelas **coníferas**, das quais são conhecidas pouco mais de 600 espécies, exemplificadas pelos pinheiros e ciprestes. Adaptadas ao frio e a grandes altitudes, as coníferas habitam principalmente vastas regiões ao norte da América do Norte e da Eurásia, onde formam extensas florestas. No Brasil, uma conífera nativa é a *Araucaria angustifolia*, o pinheiro-do-paraná, principal componente das matas de araucárias do Sul do país, infelizmente hoje quase totalmente extintas pela exploração irracional da madeira.



ZIG KOCH/PULSAR IMAGENS

PRENZE PHOTO/ANIMALS ANIMALS/KEYSTONE BRASIL

Figura 4.11 A. *Araucaria angustifolia*, conífera que pode passar de 35 m de altura. **B.** Cicadófita *Cycas revoluta* fêmea; suas folhas podem atingir 1,5 m de comprimento.

O segundo maior grupo de gimnospermas é o das **cicadófitas**, ou cicas, com espécies chegando a 14 m de altura, algumas delas empregadas na ornamentação de jardins. As cicadófitas foram tão abundantes na era Mesozoica (252 Ma-66 Ma) que essa etapa da história geológica da Terra costuma ser denominada “idade das cicas e dos dinossauros”.

O terceiro grupo de gimnospermas atuais é o das **gnetófitas**, algumas delas com folhas semelhantes às de angiospermas, com as quais chegam a ser confundidas; há também espécies arbustivas com folhas pequenas em forma de escama.

O grupo das **gincófitas** compõe-se de uma única espécie vivente, *Ginkgo biloba*, planta arbórea que, ao contrário das outras gimnospermas, perde as folhas no inverno, ou seja, é uma planta decídua. No final do outono, as folhas do gincgo, que lembram um pequeno leque, adquirem coloração amarelo-ouro e caem dos ramos. Registros fósseis mostram que os gincgos mudaram pouco nos últimos 150 milhões de anos.

Reprodução e ciclo de vida

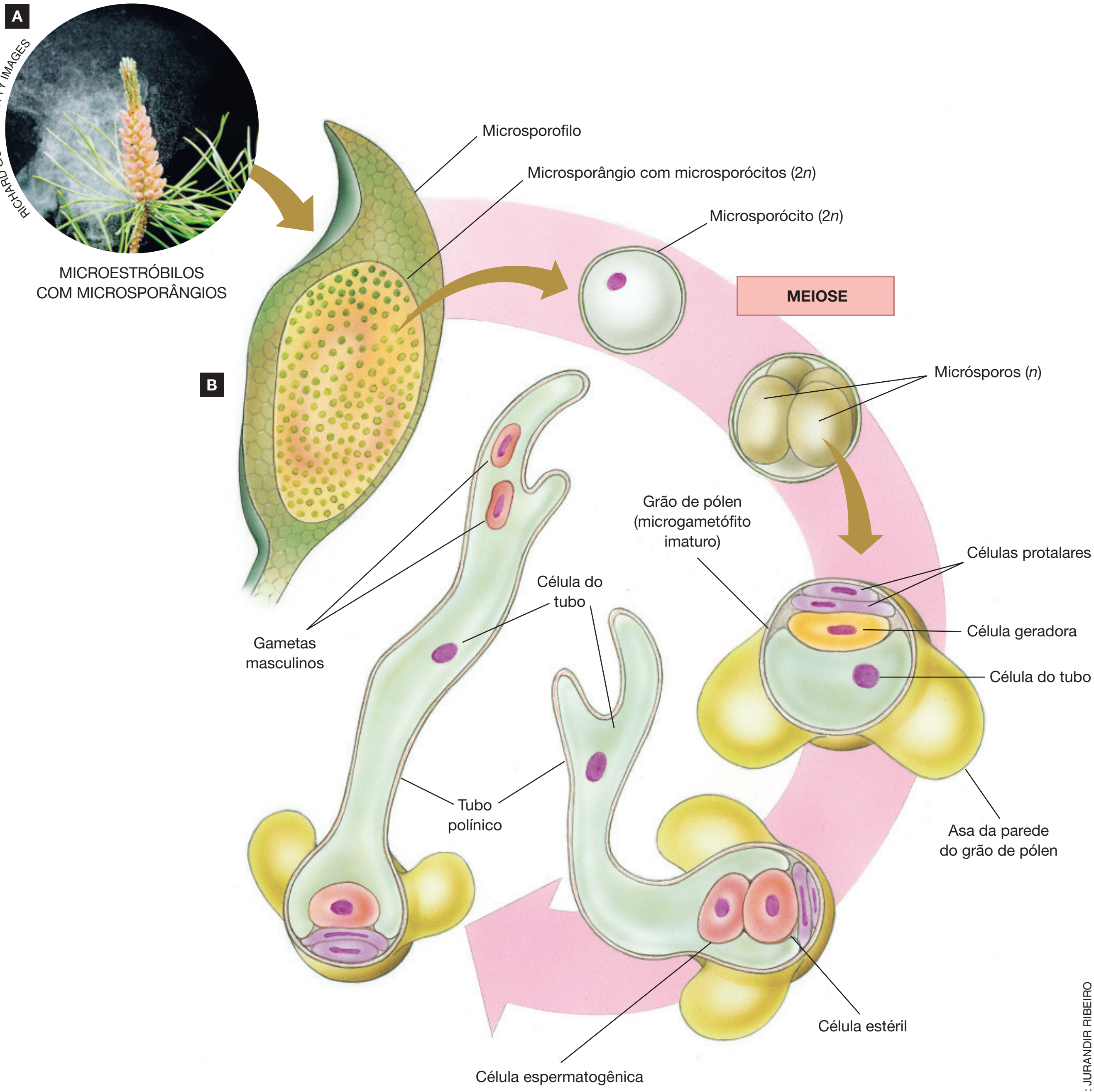
Nas gimnospermas, o esporófito diploide, do qual o pinheiro é um exemplo, é a fase predominante do ciclo de vida alternante. O esporófito adulto forma os esporos em folhas modificadas, os **esporofilos**. Estes geralmente estão agrupados em estruturas denominadas **estróbilos**.

Há estróbilos masculinos e femininos. Os primeiros são chamados de microestróbilos porque neles se formam os **micrósporos**, que se desenvolvem em gametófitos masculinos (microgametófitos). Os estróbilos femininos formam **megásporos**, que originam gametófitos femininos (megagametófitos).

Nas gimnospermas há espécies monoicas, em que a mesma planta produz micrósporos e megásporos, e espécies dioicas, com plantas masculinas, produtoras de micrósporos, e plantas femininas, que produzem megásporos.

Os micrósporos formam-se no interior de bolsas denominadas **microsporângios**, por divisão meiótica de células-mãe de grãos de pólen (microsporócitos). Cada micrósporo divide-se por mitose e origina uma estrutura dotada de parede espessa, que contém algumas células haploides. Trata-se do **grão de pólen**, que corresponde ao microgametófito ainda imaturo. Em diversas gimnospermas, a parede do grão de pólen apresenta partes expandidas como asas, uma adaptação ao transporte pelo vento.

Pouco antes da fecundação, uma das células do grão de pólen, a célula do tubo, cresce e forma o **tubo polínico**, que penetrará no óvulo. Outra célula do pólen, a célula geradora, divide-se por mitose e origina a célula estéril e a célula espermatogênica. Esta última divide-se originando duas **células espermáticas** ou **núcleos espermáticos**, os gametas masculinos propriamente ditos. O grão de pólen, com o tubo polínico completamente formado e com duas células espermáticas em seu interior, é o microgametófito maduro. (Fig. 4.12)

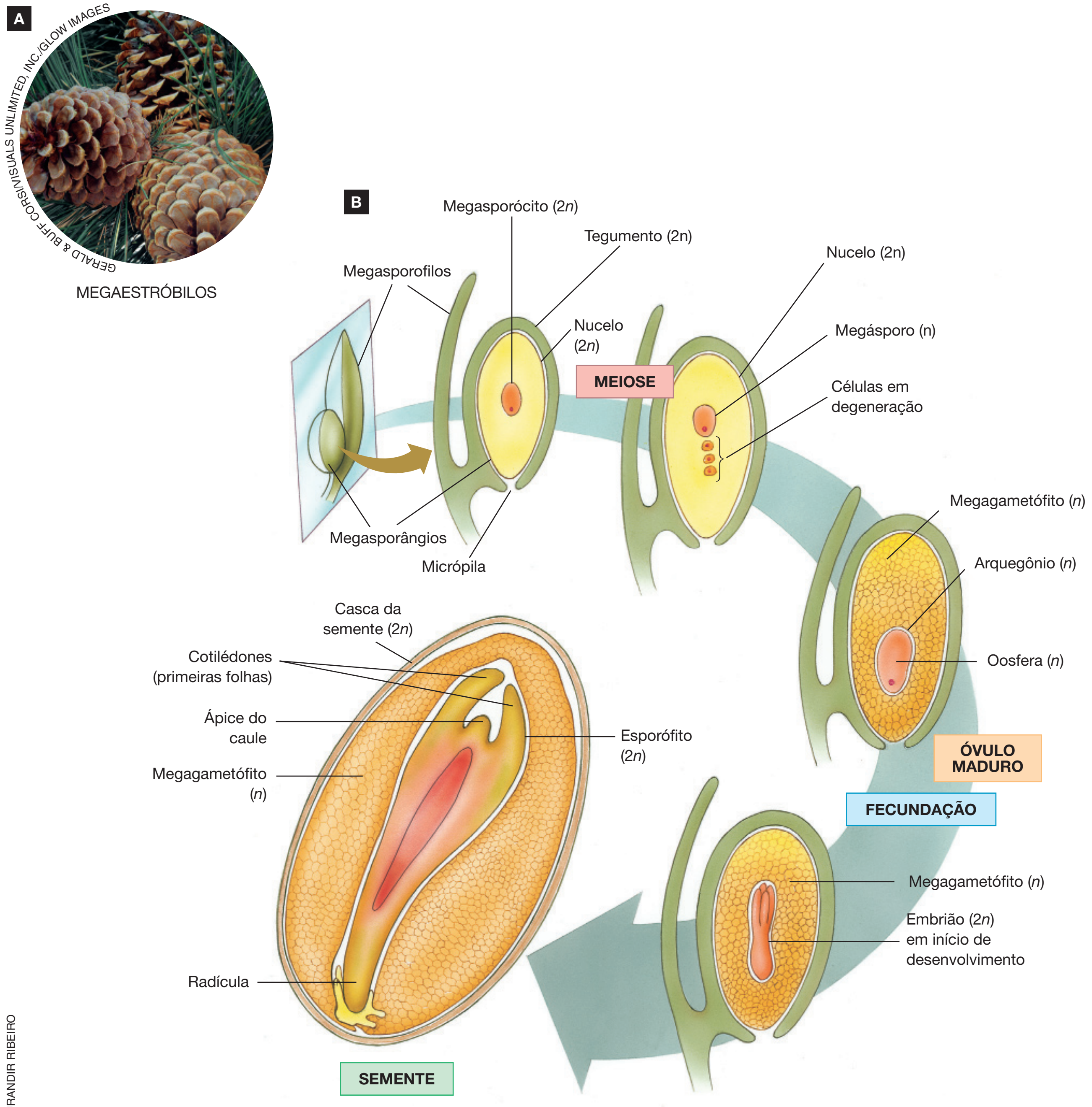

A
RICHARD GOERG/GETTY IMAGES
MICROESTRÓBILOS
COM MICROSPORÂNGIOS
B
Microsporofilo
Microsporângio com microsporócitos (2*n*)
Microsporócito (2*n*)
MEIOSE
Micrósporos (*n*)
Grão de pólen
(microgametófito
imaturo)
Células protalares
Célula geradora
Célula do tubo
Asa da parede
do grão de pólen
Célula do
tubo
Gametas
masculinos
Tubo
polínico
Célula estéril
Célula espermatogênica

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Figura 4.12 **A.** Microestróbilos de pinheiro *Pinus* sp., com cerca de 10 cm de comprimento, liberando grãos de pólen. **B.** Representação esquemática do desenvolvimento do grão de pólen em gimnosperma do gênero *Pinus*. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Os megásporos são produzidos em folhas especiais denominadas **megasporofilos**, que podem ou não estar agrupadas em estróbilos. Na superfície dos megasporofilos formam-se os **megasporângios**, constituídos por camadas de pequenas células em torno de uma grande célula central, a célula-mãe do megásporo (megasporócito). Essa célula diploide passa por meiose e origina quatro células haploides, das quais três degeneram; a célula remanescente é o megásporo.

O megásporo divide-se sucessivamente por mitose e origina um megagametófito, onde se formam um ou mais arquegônios. No interior de cada arquegônio diferencia-se uma **oosfera**, o gameta feminino. A estrutura multicelular constituída por tecido diploide originário do megasporofilo (tegumento) e pelo megagametófito com a oosfera é o **óvulo** vegetal. Os arquegônios ovulares ficam voltados para uma abertura presente no tegumento do óvulo, a **micrópila**, por onde penetram os tubos polínicos com as células espermáticas. (Fig. 4.13)


A
MEGAESTRÓBILOS
B
Megasporócito (2*n*)
Tegumento (2n)
Nucelo (2n)
Megasporofilos
Nucelo (2*n*)
MEIOSE
Megásporo (n)
Células em degeneração
Megasporângios
Micrópila
Megagametófito (*n*)
Arquegônio (*n*)
Oosfera (*n*)
ÓVULO MADURO
FECUNDAÇÃO
Casca da semente (2*n*)
Cotilédones (primeiras folhas)
Ápice do caule
Megagametófito (*n*)
Esporófito (2*n*)
Radícula
Megagametófito (*n*)
Embrião (2*n*) em início de desenvolvimento
SEMENTE

GERALD & BUFF CORSI/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

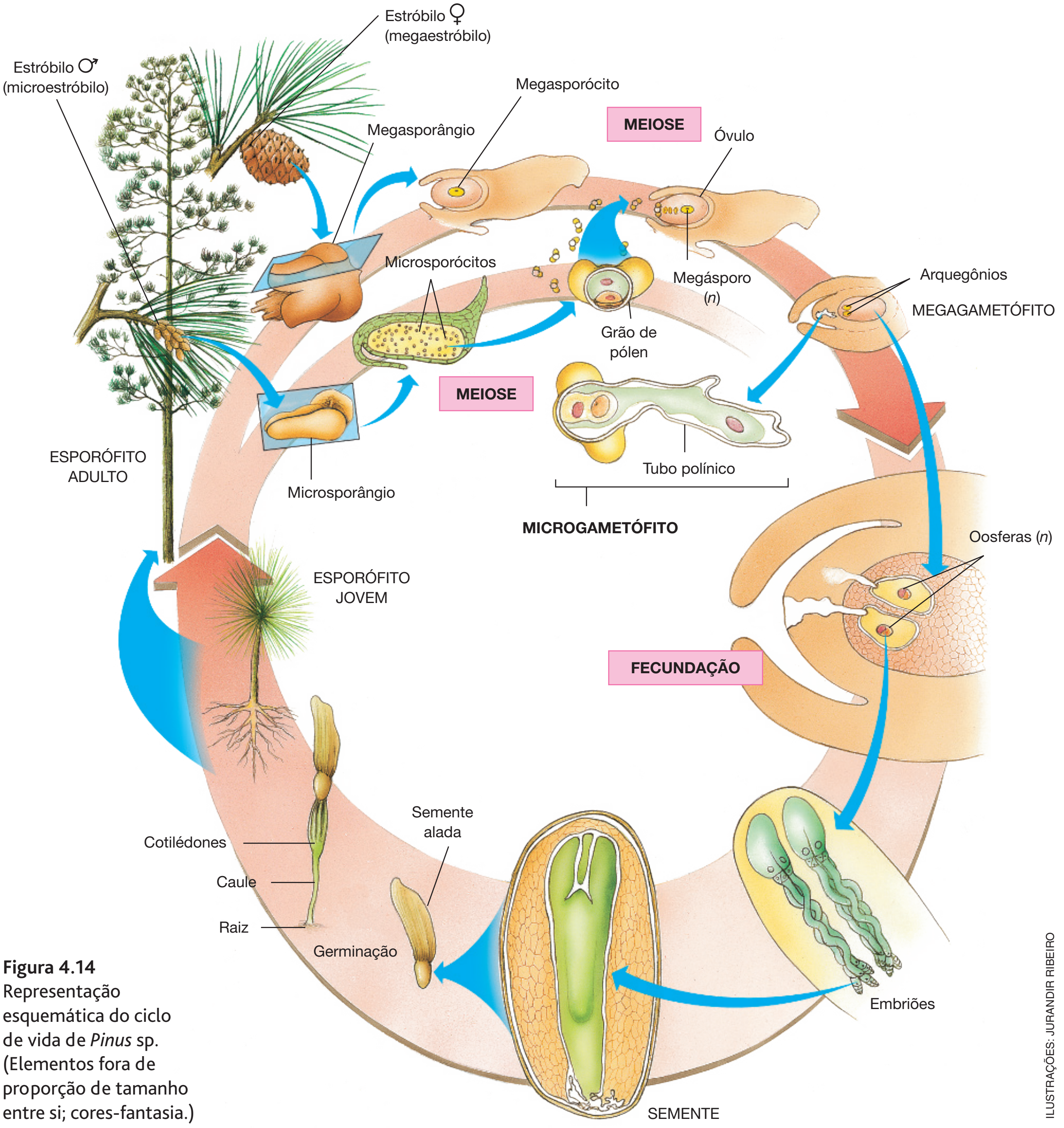
ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Figura 4.13 A. Megaestróbilos da gimnosperma *Pinus jeffreyi*, que medem cerca de 15 cm de comprimento. **B.** Representações esquemáticas de cortes longitudinais de óvulos em formação e da semente de *Pinus* sp. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Polinização e formação da semente

A transferência de grãos de pólen até os óvulos é a **polinização**. Na maioria das gimnospermas, ela é realizada pelo vento, o que se denomina **anemofilia** (do grego *ânemos*, vento, e *phylos*, amigo). Em cicadófitas, há indícios de que os principais responsáveis pela transferência dos grãos de pólen para os óvulos são certos besouros que se alimentam de pólen. Assim, nessas plantas ocorre o tipo de polinização denominada **entomofilia** (do grego *éntomos*, inseto). É possível também que insetos desempenhem papel importante na polinização de certas gnetófitas.

O zigoto resultante da fecundação da oosfera por um dos gametas do tubo polínico desenvolve-se e origina um embrião (o esporófito). O conjunto formado pelo esporófito jovem, mergulhado no megagametófito, o qual se encontra envolto pelo tegumento, é a **semente**. Esta é a grande novidade evolutiva das gimnospermas em relação às pteridófitas. De acordo com os biólogos, o aparecimento da semente foi fundamental para o sucesso das plantas gimnospermas e angiospermas. Acompanhe, na figura a seguir, as etapas do ciclo de vida de uma gimnosperma monoica. (Fig. 4.14)



Estróbilo ♀
(megaestróbilo)
Estróbilo ♂
(microestróbilo)
Megasporócito
MEIOSE
Óvulo
Megasporângio
Microsporócitos
Megásporo
(n)
Arquegônios
MEGAGAMETÓFITO
Grão de
pólen
MEIOSE
Tubo polínico
ESPORÓFITO
ADULTO
Microsporângio
MICROGAMETÓFITO
Oosferas (n)
ESPORÓFITO
JOVEM
FECUNDAÇÃO
Semente
alada
Cotilédones
Caule
Raiz
Germinação
Embriões
SEMENTE

Figura 4.14 Representação esquemática do ciclo de vida de *Pinus* sp. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

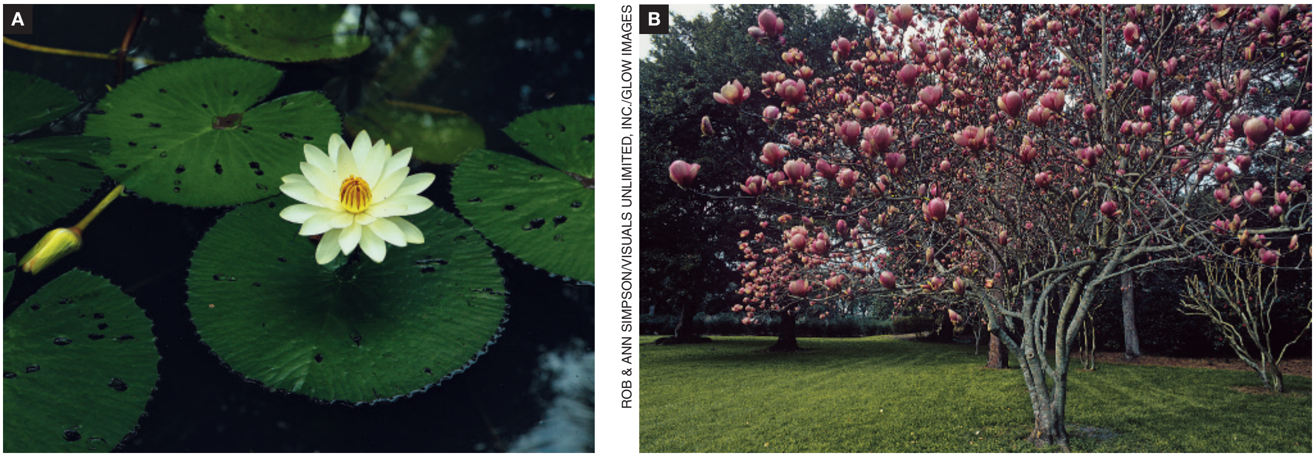
Plantas vasculares com sementes em frutos: angiospermas

Características gerais

As **angiospermas** são as plantas dominantes no planeta. Há desde espécies de grande porte, como certos eucaliptos da Austrália, cujos troncos atingem mais de 110 m de altura e 20 m de circunferência, até espécies com menos de 1 mm de comprimento. Angiospermas podem ser árvores, arbustos, trepadeiras, capins etc. e vivem nos mais diversos ambientes: no solo, na água ou sobre outras plantas, como parasitas ou como “inquilinas”.

O filo que engloba as angiospermas é o **Anthophyta** (do grego *antho*, flor). Os pesquisadores acreditam que, apesar da grande variedade, todas as angiospermas atuais descendem de um mesmo ancestral e compõem, portanto, o que os sistematas denominam um grupo monofilético.

O número de espécies de angiospermas é estimado entre 250 mil e 400 mil, de acordo com diferentes autores. Na classificação que adotamos, as angiospermas são divididas em três grupos: **monocotiledôneas**, que reúne cerca de 23% das espécies, **eudicotiledôneas**, com cerca de 75% das espécies, e **dicotiledôneas basais**, com apenas 2% das espécies. (Fig. 4.15)



FABIO COLOMBINI

ROB & ANN SIMPSON/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 4.15 Representantes das dicotiledôneas basais: **A.** *Nymphaea* sp., planta aquática conhecida como ninfeia, cujas flores têm aproximadamente 15 cm de diâmetro; **B.** *Magnolia soulangiana*, magnólia, arbusto que chega a 7 m de altura.

Reprodução e ciclo de vida

O ciclo de vida das angiospermas assemelha-se ao das gimnospermas. Entretanto, enquanto os órgãos reprodutivos das gimnospermas são os estróbilos, nas angiospermas são as **flores**. Outra diferença reside no fato de que as sementes das gimnospermas ficam sobre o esporofilo (sementes nuas) e as das angiospermas desenvolvem-se no interior de uma estrutura denominada **ovário**, que origina o **fruto**. A reprodução e o desenvolvimento das angiospermas serão estudados em detalhe no próximo capítulo.

A atividade 19 proposta na seção *Faça você mesmo!* pode ser explorada de modo a auxiliar os alunos no entendimento da história evolutiva das plantas pela análise das diferenças e semelhanças entre os ciclos de vida estudados.

Tendências evolutivas no ciclo de vida das plantas

Como vimos, no decorrer da evolução das plantas houve redução progressiva da fase haploide do ciclo de vida, a geração gametofítica. Nas briófitas, consideradas as plantas mais semelhantes ao ancestral comum do grupo, a fase predominante do ciclo de vida é o gametófito, do qual o esporófito diploide depende totalmente para sobreviver.

Nas pteridófitas, que são posteriores às briófitas na história evolutiva das plantas, a situação se inverte. A fase dominante do ciclo de vida passa a ser a geração esporofítica, e a fase gametofítica torna-se reduzida. O gametófito das pteridófitas é uma planta pequena, com poucos centímetros de tamanho, que abriga e sustenta o esporófito apenas nas fases iniciais de seu desenvolvimento.

Em gimnospermas e angiospermas, grupos de plantas mais recentes na história evolutiva, os gametófitos têm número reduzido de células e dependem totalmente dos esporófitos para viver. Nessas plantas, a geração gametofítica deixou de ser independente, como ocorre em briófitas e pteridófitas, e se assemelha mais a um minúsculo órgão reprodutivo do esporófito.

ATIVIDADES

Revendo conceitos, fatos e processos

Registre em seu caderno

Utilize as alternativas a seguir para responder às questões 1 e 2.

a) Embrião.
b) Esporo.
c) Esporófito.
d) Gameta.
e) Gametófito.

1. Como se denomina uma célula haploide que se multiplica por mitose e origina o indivíduo multicelular haploide? 1. b

2. Qual o nome da célula haploide que se funde a outra e origina o zigoto? 2. d

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 3 a 6.

a) angiospermas
b) briófitas
c) gimnospermas
d) pteridófitas

3. As (▬) são plantas que produzem frutos, dentro dos quais estão as sementes. 3. a

4. As (▬) são plantas vasculares que não produzem sementes. 4. d

5. As (▬) são plantas sem tecidos condutores de seiva (avasculares). 5. b

6. As (▬) caracterizam-se por apresentar sementes nuas. 6. c

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 7 a 12.

a) célula espermática
b) grão de pólen
c) megásporo
d) micrósporo
e) óvulo
f) semente

7. O gametófito masculino imaturo de gimnospermas e angiospermas está contido no interior da(o) (▬). 7. b

8. A célula haploide que origina o gametófito masculino das plantas heterosporadas é chamada (▬). 8. d

9. A(O) (▬) é uma célula haploide que dá origem ao gametófito feminino nas plantas espermatófitas. 9. c

10. O gameta masculino propriamente dito, nas gimnospermas e angiospermas, é a(o) (▬). 10. a

11. O conjunto formado pelo esporófito jovem mergulhado no megagametófito envolto pelo tegumento é a(o) (▬). 11. f

12. A estrutura multicelular constituída por tecido diploide originário do esporófito (tegumento) e pelo megagametófito com a oosfera é a(o) (▬). 12. e

13. Como são esporófitos e gametófitos em relação à constituição cromossômica de suas células? 13. c

a) Ambos diploides.
b) Ambos haploides.
c) Diploides e haploides, respectivamente.
d) Haploides e diploides, respectivamente.

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases 14 e 15.

a) ciclo de vida alternante
b) sementes
c) frutos
d) tecidos condutores de seiva

14. As gimnospermas diferem das angiospermas, entre outras coisas, por não apresentarem (▬). 14. c

15. As pteridófitas diferem das gimnospermas, entre outras coisas, por não apresentarem (▬). 15. b

16. O que é possível afirmar que aconteceu ao longo da evolução das plantas? 16. d

a) Houve crescente predomínio dos gametófitos sobre os esporófitos.
b) No processo reprodutivo, os gametas foram substituídos por esporos.
c) A reprodução assexuada foi substituída pela reprodução sexuada.
d) Ocorreu a redução do gametófito, que se tornou totalmente dependente do esporófito.

Questões para exercitar o pensamento

Registre em seu caderno

17. Sistematizar informações, de modo que se possa compará-las com facilidade e rapidez, é uma habilidade importante no estudo de qualquer assunto. Nossa sugestão é que você sistematize as informações do capítulo sobre as plantas construindo uma tabela. Consulte o texto, figuras e legendas do capítulo e obtenha as seguintes informações sobre cada um dos quatro grupos de planta estudados: **a)** breve caracterização do gametófito; **b)** breve caracterização do esporófito; **c)** breve descrição das estruturas reprodutivas; **d)** breve caracterização dos gametas; **e)** presença ou ausência de sementes e de frutos. Utilize essas informações para compor a tabela. Se necessário, acrescente a ela alguma outra informação que julgar importante.

18. O petróleo é um combustível fóssil originado da matéria orgânica de seres soterrados logo após a morte, o que evitou a decomposição de seus corpos. É encontrado em rochas da era Pré-cambriana e do início da era Paleozoica, formadas há mais de 500 milhões de anos. Com base nessas informações, é possível admitir que plantas tenham tido contribuição importante na formação do petróleo? E do chamado carvão fóssil? Pesquise a respeito e escreva um texto sobre essas questões.

Faça você mesmo!

Registre em seu caderno

19. Construção de painéis gráficos: Ciclos de vida das plantas

O objetivo desta atividade é confeccionar painéis gráficos dos ciclos de vida de plantas: briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. Esses painéis serão expostos no mural da classe ou da escola. A ideia é que os painéis sejam modulados, isto é, compostos com desenhos individuais, em tamanho grande, dos diversos elementos gráficos do ciclo – gametófitos, anterozoides, arquegônios, oosferas, setas e legendas. Baseie-se nas ilustrações do livro ou de outras fontes confiáveis.

A Biologia no vestibular e no Enem

Registre em seu caderno

Questões objetivas

1. (Ufac) De acordo com a análise comparativa entre plantas dos grupos:

I. briófitas **II.** gimnospermas **III.** angiospermas

pode-se afirmar o seguinte: 1. d

a) Apenas I apresenta sementes.
b) I, II e III apresentam estruturas para transporte de água e nutrientes.
c) Apenas I e II apresentam dispersão por esporos.
d) Apenas II e III apresentam estruturas para transporte de água e nutrientes.
e) Apenas III apresenta esporos.

2. (Unifesp) No ciclo de vida de uma samambaia há duas fases, 2. b

a) ambas multicelulares: o esporófito haploide e o gametófito diploide.
b) ambas multicelulares: o esporófito diploide e o gametófito haploide.
c) ambas unicelulares: o esporófito diploide e o gametófito haploide.
d) o esporófito multicelular diploide e o gametófito unicelular haploide.
e) o esporófito unicelular haploide e o gametófito multicelular diploide.

3. (Unesp) Um estudante de Biologia anotou em uma tabela algumas características de quatro espécies vegetais:

Característica	Espécie			
	1	2	3	4
Possui vasos condutores de seiva?	sim	não	sim	sim
Embrião fica retido no gametângio?	sim	sim	sim	sim
Forma flores e frutos?	não	não	sim	não
Forma sementes?	sim	não	sim	não

A partir desses dados, pode-se dizer que, na árvore filogenética que reconstitui a história evolutiva dessas espécies, 3. e

a) as espécies 1 e 2 compartilham entre si um maior número de ancestrais comuns que aqueles compartilhados pelas espécies 1 e 3.
b) a espécie 4 tem uma origem evolutiva mais recente que a espécie 3.
c) a espécie 1 é mais aparentada à espécie 2 que à espécie 3.
d) as espécies 1, 2 e 3 formam um grupo natural, ou monofilético.
e) as espécies 2, 3 e 4 formam um grupo artificial, ou parafilético.

4. (Unifor-CE) No desenvolvimento posterior à fecundação das angiospermas, o zigoto, o óvulo e o ovário originam, respectivamente, 4. c

a) fruto, semente e embrião.
b) embrião, fruto e semente.
c) embrião, semente e fruto.
d) semente, fruto e embrião.
e) semente, embrião e fruto.

5. (Fuvest-SP) Na evolução dos vegetais, o grão de pólen surgiu em plantas que correspondem, atualmente, ao grupo dos pinheiros. Isso significa que o grão de pólen surgiu antes 5. e

a) dos frutos e depois das flores.
b) das flores e depois dos frutos.
c) das sementes e depois das flores.
d) das sementes e antes dos frutos.
e) das flores e antes dos frutos.

Questões discursivas

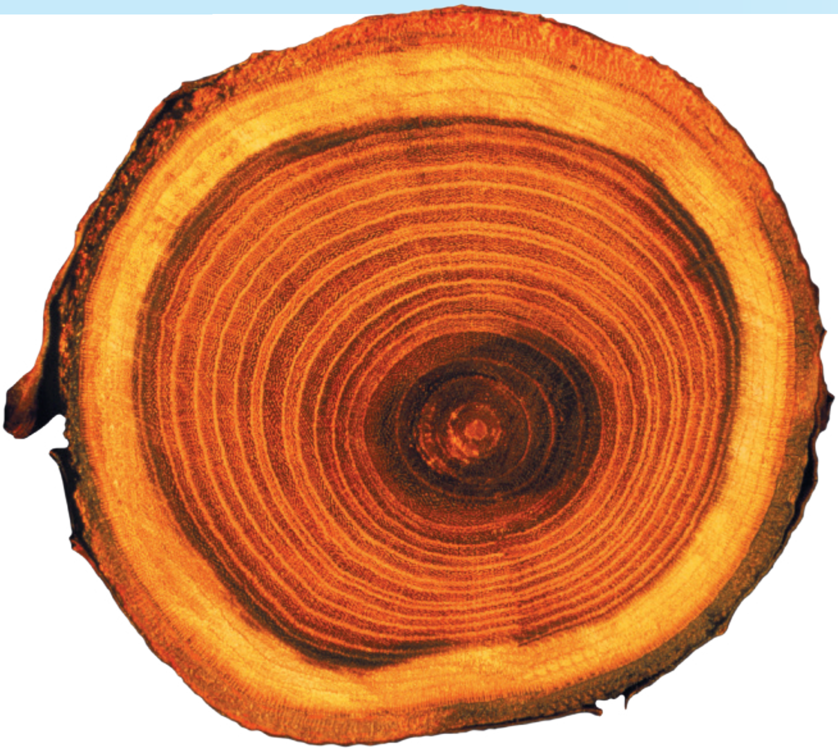
6. (UFRJ) As flores que se abrem à noite, como a dama-da-noite, em geral exalam um perfume acentuado e não são muito coloridas. As flores diurnas, por sua vez, geralmente apresentam cores mais intensas. Relacione essa adaptação ao processo de reprodução desses vegetais.

7. (UFSC) Sobre flores, responda:

a) As flores coloridas das angiospermas são interpretadas como uma aquisição evolutiva que aumenta a eficiência da reprodução sexuada. De que modo isso ocorre?
b) Que fator ambiental contribui para a reprodução sexuada de flores não coloridas, como as do capim?

Capítulo 5

Reprodução e desenvolvimento das angiospermas



SHEILA TERRY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Tronco de árvore do gênero *Laburnum* cortado transversalmente, mostrando os anéis de crescimento. Os anéis mais grossos indicam condições favoráveis para o crescimento (como maior disponibilidade de água e luz solar). O tronco dessa leguminosa pode atingir 30 cm de diâmetro e até 9 m de comprimento.

Explique que só é possível fazer a datação de um tronco se a espécie tiver uma série dendrocronológica estabelecida previamente pela coleta e pela análise de inúmeras madeiras de árvores, vivas ou mortas. Com esses dados, é possível identificar a sequência de anéis de crescimento em uma série contínua. Em seguida, amostras de alguns anéis passam por métodos de datação. Dessa forma, depois de construída a série dendrocronológica, é possível determinar, por comparação apenas do padrão dos anéis, a idade de qualquer tronco de madeira da espécie. Vale a pena comentar com os alunos que árvores com atividade cambial contínua (como as de florestas tropicais, em que as condições climáticas não variam muito ao longo do ano) podem não apresentar anéis de crescimento ou anéis que não correspondem a um ano.

Manchas solares e anéis de crescimento

Existe alguma relação entre as manchas solares e os anéis de crescimento das árvores aqui da Terra? Ao que tudo indica, a resposta é sim. O primeiro a perceber a existência dessa correlação foi o astrônomo americano Andrew Ellicott Douglass (1867-1962), no início do século XX. Ele descobriu que o padrão de manchas solares – regiões da superfície do Sol de temperatura mais baixa e brilho menor – está ligado a mudanças climáticas em nosso planeta e estas, por sua vez, influenciam o padrão de anéis de crescimento das árvores.

Como você pode ver na fotografia acima, o tronco de muitas árvores é constituído por anéis alternados, mais claros e mais escuros. Como um par de anéis representa mais ou menos 1 ano de crescimento, pode-se calcular a idade da árvore tomando-os como parâmetro. Com seus métodos, Douglass inaugurou o que ele chamou de dendrocronologia, ou seja, a datação de árvores e de madeira com base na análise de características dos anéis de crescimento.

Com uma sonda cilíndrica oca, é possível retirar uma amostra do tronco de uma árvore viva, sem muito prejuízo para a planta. Inserindo a sonda perpendicularmente ao tronco, coleta-se um cilindro de madeira desde a periferia até o centro. Quando se comparam duas árvores diferentes da mesma região, nota-se um padrão de anéis de crescimento muito similar, que registra as variações climáticas ali ocorridas: chuvas, secas, mudanças de temperatura etc. Pode-se encontrar esse padrão até mesmo em madeiras utilizadas em construções, de modo que é possível estimar, por exemplo, a idade de uma casa antiga pelo padrão de anéis de crescimento de suas vigas de madeira quando comparados a um padrão pré-estabelecido. Douglass empregou essa metodologia para descobrir a diferença de tempo entre duas ocupações humanas nas ruínas astecas de Pueblo Bonito, no Novo México.

Essa história poderia ser encerrada com a famosa fala do poeta inglês William Shakespeare (1564-1616) na peça *Hamlet*: “Há mais coisas entre o céu e a terra, Horácio, do que supõe sua vã filosofia”. É verdade. Ainda estamos longe de desvendar os muitos tipos de relação entre os fenômenos do mundo natural. Entretanto, exemplos como o de Douglass indicam que estamos no caminho certo, ao empenhar todos os nossos esforços para conhecer a natureza e sua trama de relações.

A importância do assunto

A história da dendrocronologia (do grego *dendrós*, árvore, *chrónos*, tempo, e *lógos*, estudo) revela como o conhecimento do mundo natural, em seus diversos aspectos, pode nos ajudar a estabelecer relações inusitadas entre fenômenos, inclusive com aplicações práticas. Esse é mais um motivo para ampliar cada vez mais nosso leque de conhecimentos, pois eles podem nos levar a grandes descobertas.

Neste capítulo vamos estudar as plantas mais abundantes da biosfera: as angiospermas, ou "plantas com flores e frutos". A flor é o órgão reprodutivo das angiospermas. Como veremos, ao longo da história, a humanidade tem mantido estreitas relações com esse grupo de seres vivos.

No item inicial do capítulo, voltamos nossa atenção para as flores e a reprodução das angiospermas. O ponto alto desse processo é a produção da semente, que contém em seu interior um pequeno embrião em estado de dormência. Com o desenvolvimento embrionário, surgem os principais tecidos e órgãos de uma nova planta, analisados no item seguinte.

Conhecer a anatomia das plantas é desafiador, mas é um investimento em saber científico. Procure observar sempre as plantas no seu dia a dia e tente aplicar ao mundo ao seu redor o que aprende na escola e nos livros. O exemplo do astrônomo Douglass leva-nos a perceber que, quanto maiores forem os nossos conhecimentos sobre a natureza, mais ampla será nossa visão de mundo. Consequentemente, maiores serão nossas chances de interagir positivamente com a realidade que nos cerca.

5.1 Reprodução das angiospermas

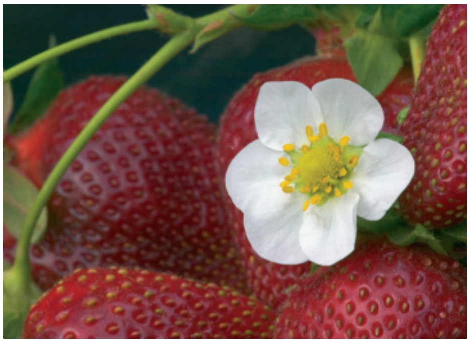

INGA SPENCE/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 5.1 Ramo com flor e frutos da planta do gênero *Fragaria* (morango). Os frutos medem cerca de 4 cm de comprimento.

As angiospermas representam cerca de 90% das espécies atuais do reino Plantae, com aproximadamente 300 mil espécies adaptadas aos mais diversos tipos de ambiente. A principal característica que distingue as angiospermas dos outros grupos de plantas é a formação de estruturas reprodutivas denominadas flores.

Após a fecundação, as flores originam frutos, dentro dos quais estão as sementes. É daí que vem o nome do grupo: *angios*, em grego, significa vaso, em alusão ao ovário em forma de vaso presente nas flores; *sperma*, por sua vez, significa semente, que se origina do óvulo fecundado e se encontra no interior do fruto, o qual se origina do ovário da flor. (Fig. 5.1)

As flores apresentam grande variedade de formas e cores, relacionadas principalmente às adaptações das plantas aos diferentes modos de polinização desenvolvidos ao longo da história evolutiva do grupo.

Estrutura e função da flor

As flores são o resultado da especialização evolutiva de certos ramos ocorrida nos ancestrais das angiospermas. O ramo evolutivamente modificado tornou-se curto e compacto, passando a assumir funções reprodutivas.

Imagine um ramo com quatro nós terminais, cada um deles com conjuntos de folhas. A partir da extremidade do ramo, o primeiro conjunto de folhas forma esporângios femininos; o segundo forma esporângios masculinos; o terceiro e o quarto conjuntos têm folhas também especializadas, porém "estéreis", isto é, que não constituem elementos reprodutivos. Para completar, imagine que as distâncias entre esses nós seja muito reduzida, de modo que os conjuntos de folhas modificadas fiquem muito próximos. Essa seria a visão geral de um ramo floral de angiosperma.

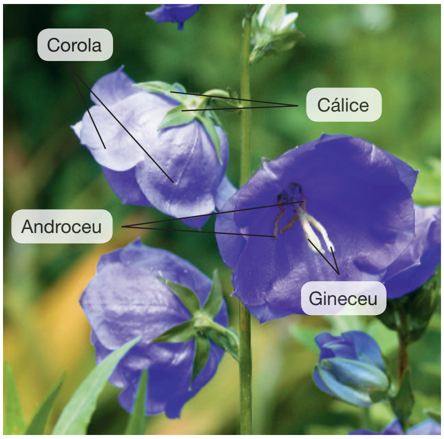
Os conjuntos de folhas modificadas de uma **flor** são denominados **verticilos florais**. Estes são, a partir da base do ramo floral: cálice, corola, androceu e gineceu. A maioria das flores apresenta esses quatro componentes, sendo por isso chamadas de flores completas; em certas espécies, no entanto, as flores não têm um ou mais dos verticilos florais, sendo por isso denominadas incompletas.

Uma estratégia que pode amenizar a resistência de alguns alunos ao estudo da anatomia e da fisiologia das plantas é tornar mais prático o estudo da Botânica pela dissecação e análise de flores, sementes e frutos. Estimule os estudantes a comparar o material biológico analisado com os desenhos e esquemas do livro, o que propicia o desenvolvimento de habilidades como reconhecer, utilizar e interpretar modelos explicativos para sistemas naturais.

As folhas modificadas presentes na base do ramo floral são as **sépalas**, cujo conjunto é chamado de **cálice.** O conjunto seguinte é formado por folhas modificadas geralmente delicadas e coloridas, as **pétalas**, que juntas constituem a **corola.** Tanto o cálice quanto a corola são elementos estéreis, não envolvidos diretamente na reprodução; sua função é proteger as estruturas reprodutivas mais internas e, em muitos casos, atrair agentes polinizadores.

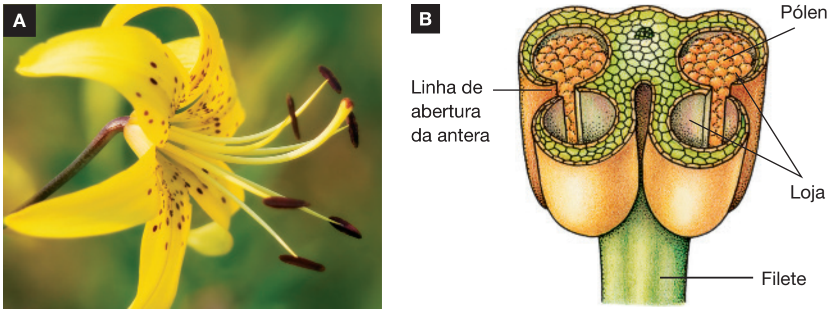
Os verticilos férteis da flor, da base do ramo floral para a extremidade, são o **androceu** (do grego *andros*, homem, e *oikos*, casa) e o **gineceu** (do grego *gyne*, mulher, e *oikos*, casa), estruturas férteis responsáveis pela formação de grãos de pólen e de óvulos, respectivamente. (Fig. 5.2)

Androceu é o conjunto de **estames**. Um estame é uma folha modificada fértil que os botânicos denominam microsporofilo; neste se formam microsporângios, no interior dos quais se desenvolvem as células-mãe dos esporos, chamadas de microsporócitos. Os microsporócitos são células diploides que passam por meiose e originam os grãos de pólen (relembre no capítulo anterior). O estame (do latim *stamen*, filete) é geralmente constituído por uma fina haste, o filete, que sustenta uma estrutura dilatada na extremidade, a **antera**, onde se formam os microsporângios, que apresentam células-mãe de grãos de pólen em seu interior. (Fig. 5.3)



VISIONSPICTURES/MINDEN PICTURES/LATINSTOCK

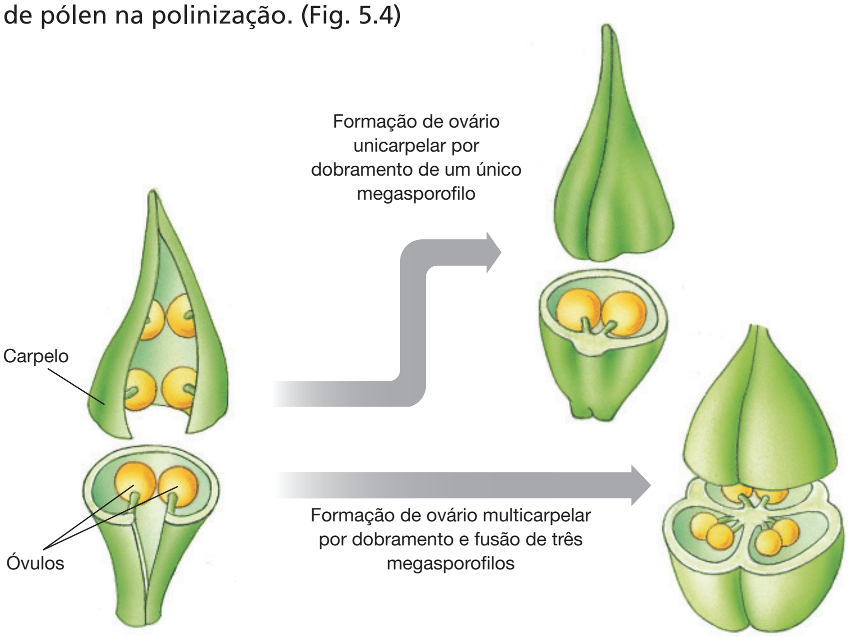
Figura 5.2 Flores completas de *Campanula* sp. mostrando seus diversos componentes: cálice (sépalas), corola (pétalas), androceu (estames) e gineceu (carpelos). Essas flores medem cerca de 5 cm de comprimento.



MARIA MOSOLOVA/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Figura 5.3 A. Flor de lírio (*Lilium* sp.) em que os grandes estames, que medem aproximadamente 7 cm de comprimento, são bem visíveis. **B**. Representação esquemática de uma antera em corte transversal, mostrando as lojas, cavidades onde se formam os grãos de pólen. Pode-se ver também as linhas de abertura ao longo das lojas, por onde eles são liberados. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

O gineceu é constituído pelos **carpelos**, folhas evolutivamente modificadas denominadas megasporofilos, responsáveis pela formação dos óvulos. Os carpelos, isoladamente ou em grupo, podem estar dobrados e fundidos nas bordas, originando uma estrutura fechada que lembra um pequeno vaso, com a base dilatada e a extremidade afilada. A base dilatada do carpelo é o **ovário**, no interior do qual se formam um ou mais óvulos. A porção afilada do carpelo é o **estilete**. A porção terminal do estilete, geralmente alargada e aderente, é o **estigma**, que recebe os grãos de pólen na polinização. (Fig. 5.4)


Formação de ovário unicarpelar por dobramento de um único megasporofilo
Carpelo
Óvulos
Formação de ovário multicarpelar por dobramento e fusão de três megasporofilos

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Figura 5.4 Representação esquemática da formação de ovários por dobramento e fusão evolutivos do primitivo megasporofilo. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Fecundação e origem da semente

Formação do grão de pólen

O processo de formação dos grãos de pólen começa quando a flor ainda está na fase inicial de botão. No interior das anteras diferenciam-se quatro bolsas, os futuros sacos polínicos, correspondentes aos microsporângios. Dentro deles, células-mãe de esporos, os **microsporócitos** (diploides), dividem-se por meiose e originam células haploides denominadas **micrósporos**.

Em seguida, cada micrósporo divide-se por mitose e forma duas células, uma grande, a célula do tubo, e outra pequena, a célula generativa. Essas duas células, envoltas por uma parede espessa, constituem o grão de pólen, o correspondente evolutivo do microgametófito.

Formação do óvulo

Quando a flor ainda está na fase inicial de botão, surgem, na parede do ovário em formação, uma ou mais protuberâncias que darão origem aos óvulos. Na região superficial de cada primórdio de óvulo, logo abaixo da camada celular mais externa, uma célula cresce muito e se diferencia das demais: trata-se do **megasporócito** (diploide), a célula-mãe do megásporo.

O megasporócito divide-se por meiose e origina quatro megásporos haploides; destes, três degeneram. O megásporo restante cresce e passa por três mitoses sucessivas, formando oito núcleos, dos quais quatro se localizam perto de uma pequena abertura na extremidade superior do óvulo, a micrópila; os outros quatro localizam-se no polo oposto. A seguir, um núcleo de cada um desses conjuntos migra para a região central, passando a constituir os **núcleos polares**, assim denominados por serem provenientes dos polos do megásporo.

Com exceção dos núcleos polares, os outros seis núcleos formam membranas ao seu redor, individualizando-se seis células. O citoplasma do antigo megásporo divide-se entre sete células: três localizadas perto da micrópila (duas sinérgides e a oosfera), três no polo oposto (antípodas) e a sétima célula ocupa o espaço restante, contendo os dois núcleos polares.

Esse conjunto de sete células é denominado **megagametófito** ou gametófito feminino, também chamado de **saco embrionário**, porque aí será formado o embrião. O gameta feminino presente no interior do saco embrionário é a **oosfera**, célula mais central das três células próximas à micrópila do óvulo. É ela que, ao ser fecundada, origina o zigoto, que, por sua vez, se multiplica e origina o embrião. O tecido diploide que envolve o óvulo é o tegumento. (Fig. 5.5)

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

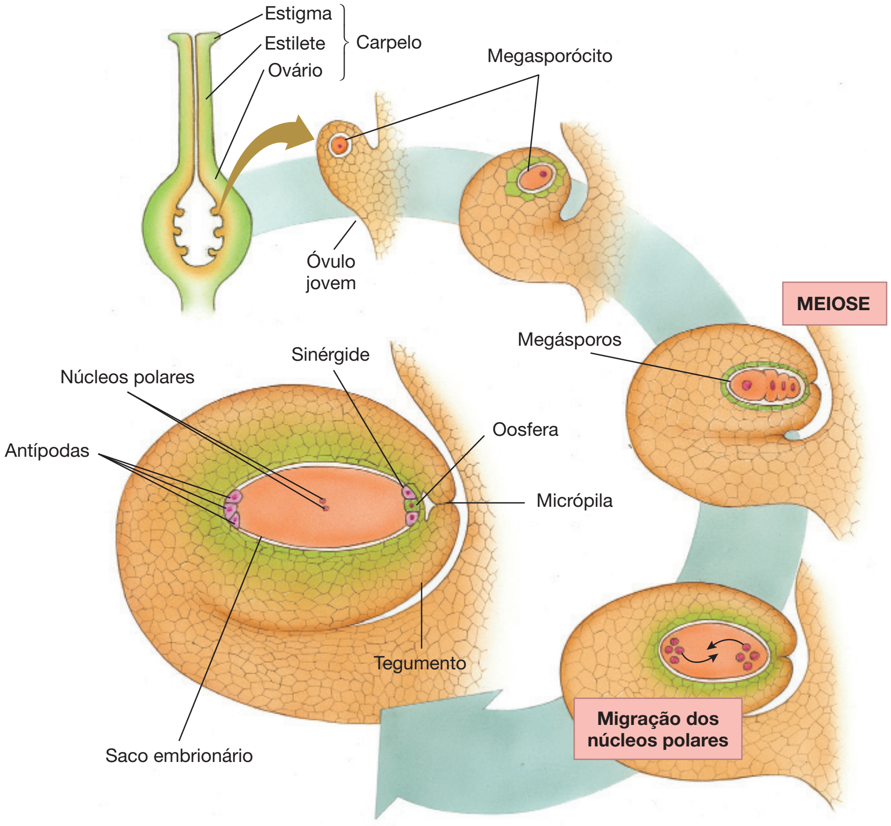


Figura 5.5 Representação esquemática do desenvolvimento do óvulo em angiosperma. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Polinização e dupla fecundação

A chegada dos grãos de pólen ao estigma da flor é a **polinização**. Como mencionamos no capítulo anterior, o transporte do pólen entre as flores pode ser realizado por diferentes **agentes polinizadores**: vento, insetos, pássaros, entre outros.

As plantas angiospermas desenvolveram diversas adaptações à polinização. As flores das plantas polinizadas pelo vento, como as gramíneas, são pequenas e discretas, sem nenhum tipo de atrativo para os animais. Produzem grande quantidade de pólen e têm estigmas desenvolvidos, o que propicia a captura de pólen e aumenta as chances de a polinização ocorrer. Flores polinizadas por animais geralmente apresentam características atraentes para os polinizadores, como corolas coloridas e vistosas, glândulas odoríferas e nectários (glândulas produtoras de substâncias açucaradas). Nessas flores, os estigmas geralmente têm tamanho reduzido e a quantidade de pólen produzida nos estames é menor do que em plantas polinizadas pelo vento.

Ao cair sobre o estigma de uma flor de sua espécie, o grão de pólen germina e forma um longo **tubo polínico**, que cresce por dentro do estilete até atingir o ovário. Dois núcleos originados por divisão mitótica da célula generativa – os núcleos espermáticos – constituem os gametas masculinos. Eles migram até a extremidade do tubo polínico que penetra na micrópila do óvulo, onde atingem uma das sinérgides.

Um dos núcleos espermáticos passa da sinérgide para a oosfera e funde-se ao núcleo desta, originando o zigoto diploide. O outro núcleo espermático passa para a célula central e funde-se aos dois núcleos polares, formando um núcleo triploide, isto é, com três conjuntos de cromossomos (3*n*). A multiplicação desse núcleo triploide dá origem a um tecido denominado **endosperma** (do grego *endon*, dentro, e *sperma*, semente), que acumula substâncias para a nutrição do embrião. Esse fenômeno típico das angiospermas, a **dupla fecundação**, implica a formação simultânea do embrião diploide e do tecido triploide que o nutrirá nas fases iniciais de seu desenvolvimento. (Fig. 5.6)

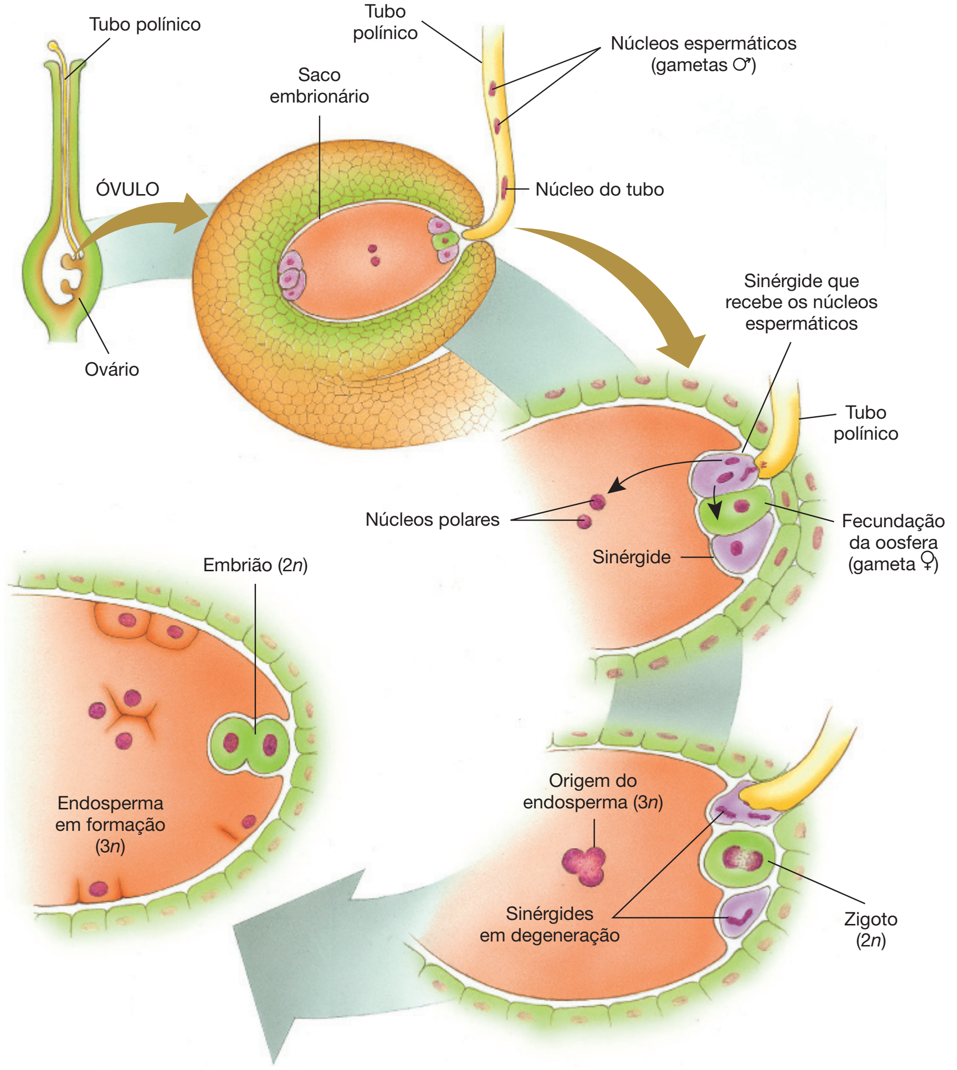

Tubo polínico
ÓVULO
Ovário
Tubo polínico
Saco embrionário
Núcleos espermáticos (gametas ♂)
Núcleo do tubo
Sinérgide que recebe os núcleos espermáticos
Tubo polínico
Núcleos polares
Sinérgide
Fecundação da oosfera (gameta ♀)
Embrião (2n)
Endosperma em formação (3n)
Origem do endosperma (3n)
Sinérgides em degeneração
Zigoto (2n)

Figura 5.6 Representação esquemática da dupla fecundação em angiospermas. O tubo polínico penetra em uma das sinérgides e lança em seu interior os dois núcleos espermáticos. Um deles passa para a oosfera ao lado da sinérgide e o outro sai da sinérgide para a célula central. Em seguida, as duas sinérgides degeneram. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Desenvolvimento do óvulo fecundado

O desenvolvimento embrionário das plantas começa com a divisão mitótica do zigoto, que produz duas células e estabelece uma "polaridade" no embrião. A célula voltada para a micrópila do óvulo dará origem a uma estrutura denominada **suspensor**, enquanto a outra, voltada para o polo oposto, originará o embrião propriamente dito. (Fig. 5.7)

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

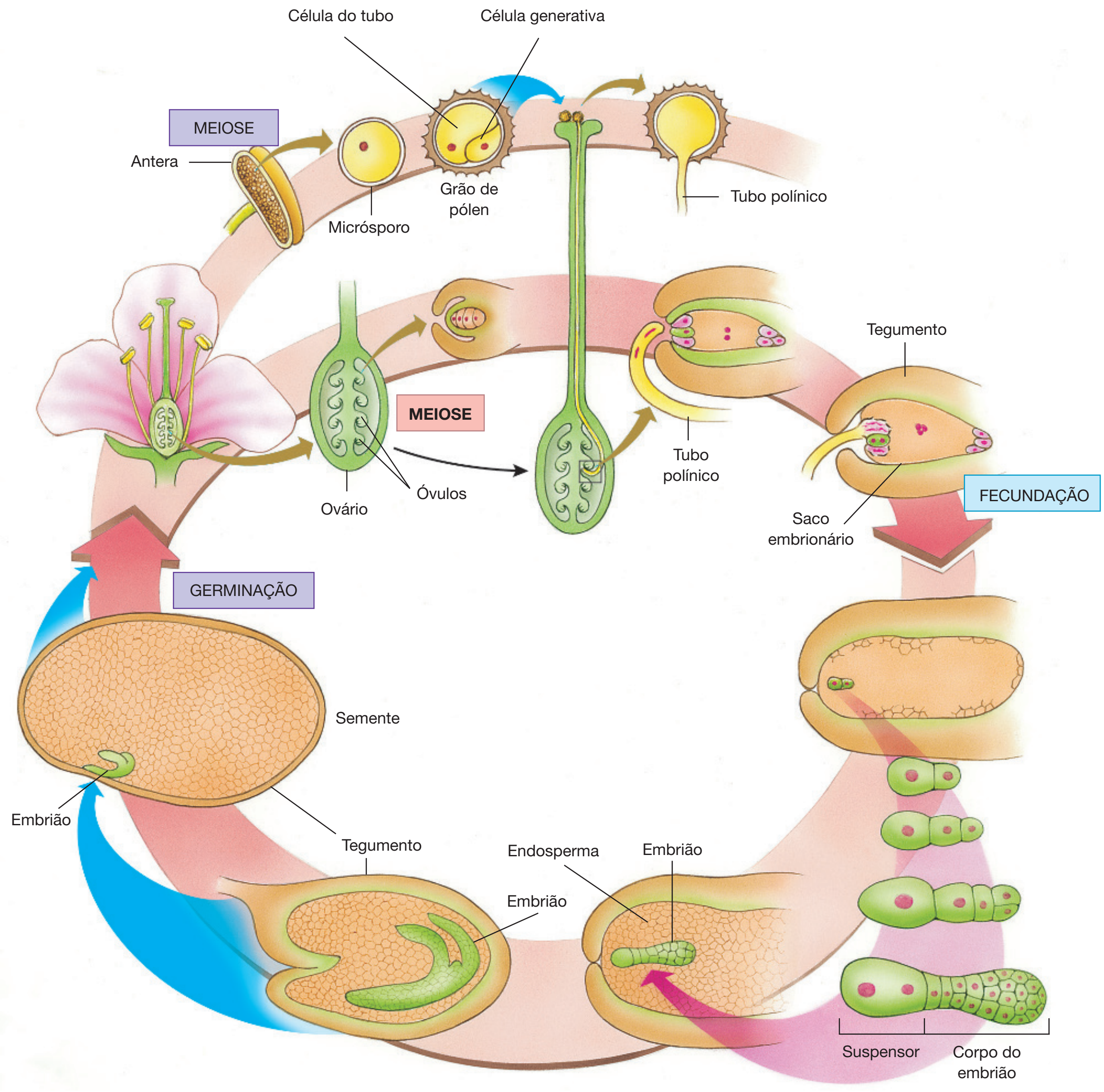

Célula do tubo
Célula generativa
MEIOSE
Antera
Micrósporo
Grão de pólen
Tubo polínico
Tegumento
MEIOSE
Ovário
Óvulos
Tubo polínico
Saco embrionário
FECUNDAÇÃO
GERMINAÇÃO
Semente
Embrião
Tegumento
Endosperma
Embrião
Embrião
Suspensor
Corpo do embrião

Figura 5.7 Representação esquemática do ciclo de vida de uma angiosperma. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em pteridófitas e gimnospermas, o suspensor parece ter unicamente a função mecânica de empurrar o embrião para o interior do saco embrionário (megagametófito), em alguns casos já totalmente preenchido por endosperma. Nas angiospermas, ele possui não apenas essa função, mas também participa da nutrição das células embrionárias e produz hormônios importantes para o desenvolvimento. Após cumprir seu papel, o suspensor degenera, em um processo de "morte programada" de suas células, fenômeno denominado **apoptose**.

Quando o óvulo e o embrião atingem certo grau de desenvolvimento, o tegumento ovular diferencia-se em uma casca espessa e resistente, e o conjunto passa a ser denominado **semente**.

Origem e função do fruto

As sementes em formação liberam hormônios que estimulam o desenvolvimento da parede do ovário, originando o **fruto**. Por isso, na maioria dos casos, os frutos contêm sementes, uma vez que são elas as responsáveis pelo seu desenvolvimento. Exceções são os **frutos partenocárpicos** (do grego *parthenos*, virgem, e *karpos*, fruto), que se desenvolvem sem formação de sementes, como ocorre, por exemplo, nas linhagens cultivadas de banana.

O fruto foi uma importante aquisição evolutiva das angiospermas e contribuiu decisivamente para o sucesso desse grupo vegetal. Na história evolutiva das plantas, supõe-se que seu principal papel tenha sido a proteção das sementes. Adaptações posteriores conferiram ao fruto a capacidade de ajudar a disseminar as sementes, fazendo-as chegar a lugares distantes da planta-mãe. Desse modo, as novas plantas não concorrem com a genitora nem com as irmãs, e podem espalhar-se e colonizar novos ambientes, aumentando as chances de sobrevivência da espécie.

Muitos tipos de frutos são coloridos, vistosos e perfumados. Essas características indicam aos animais, entre eles nossa própria espécie, a presença de alimento disponível. Ao comer o fruto, o animal descarta as sementes (ou as engole e as elimina com as fezes), levando-as a se dispersar pelo território.

Em certas espécies, os frutos ou sementes têm projeções em forma de asa (frutos alados e sementes aladas), o que favorece seu transporte pelo vento. Há frutos adaptados para aderir aos pelos ou às penas de animais, que cumprem o papel de disseminá-los. Outros, como o coco-da-baía, são adaptados à dispersão pela água: o mesocarpo fibroso do coco retém ar, possibilitando a flutuação.

5.2 Desenvolvimento e componentes celulares das plantas

Germinação da semente

Uma semente madura abriga em seu interior o embrião e substâncias nutritivas; estas podem estar armazenadas no endosperma, nos cotilédones ou em ambos, dependendo da espécie. Uma das extremidades do embrião constitui a **radícula** (do latim *radix*, raiz) – o primórdio de raiz –, que apresenta na extremidade um conjunto de células indiferenciadas com alta capacidade de multiplicação. Essas células compõem o **meristema apical**, que alguns botânicos denominam meristema subapical, uma vez que ele não está exatamente no ápice, mas é envolvido por um capuz protetor, a coifa, como veremos mais adiante.

Na extremidade oposta situa-se o **caulículo** – o primórdio de caule –, em cuja extremidade há um meristema apical propriamente dito. Um pouco abaixo da extremidade do caulículo encontram-se uma ou duas folhas modificadas – os **cotilédones** –, especializadas na transferência de nutrientes estocados na semente para o corpo do embrião. Nas plantas monocotiledôneas, como diz o nome, o embrião apresenta apenas um cotilédone, enquanto o das eudicotiledôneas e dicotiledôneas basais apresenta dois cotilédones.

A região inferior do embrião, situada entre a radícula e o ponto de implantação do cotilédone (ou cotilédones), é denominada **hipocótilo** (do grego *hypo*, abaixo, e *kotyledon*, cotilédone). A região superior, situada entre o cotilédone e o meristema apical do caulículo, é o **epicótilo** (do grego *epi*, acima). Nas gramíneas, a extremidade do caulículo embrionário é envolta por uma bainha protetora, o **coleóptilo** (do grego *koleos*, lâmina, e *ptilon*, pena). (Fig. 5.8)

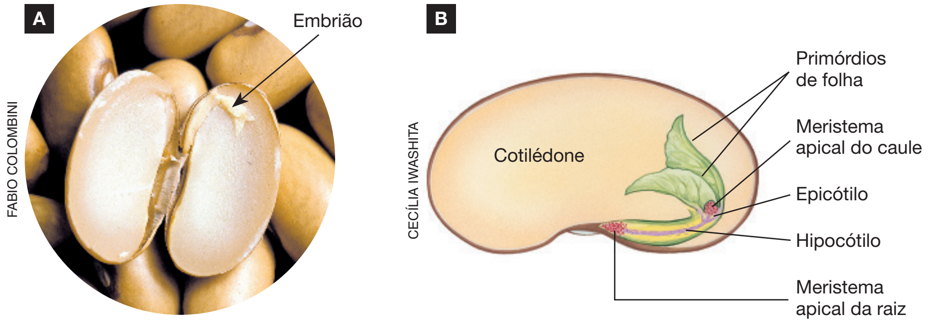


Figura 5.8 A. Sementes do feijão *Phaseolus vulgaris*, que medem cerca de 1,5 cm de comprimento. Uma das sementes está aberta para evidenciar o embrião (indicado pela seta). **B.** Representação esquemática de semente de feijão aberta, mostrando o embrião. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

As sementes geralmente amadurecem ainda dentro dos frutos. Em seu interior, o embrião encontra-se em estado de dormência. Após serem liberadas do fruto e encontrar condições adequadas, as sementes iniciam o processo de **germinação**, que é a retomada do crescimento e da diferenciação do embrião.

A germinação da semente depende de diversos fatores, principalmente da presença de água, de gás oxigênio e da temperatura adequada. O primeiro passo para a germinação é a absorção de água pela semente, fenômeno denominado embebição. As células necessitam de água para retomar suas atividades metabólicas e mobilizar as reservas nutritivas estocadas nos cotilédones ou no endosperma. Com a embebição, a casca da semente se rompe, o que permite o acesso ao gás oxigênio, necessário à respiração das células embrionárias.

A primeira estrutura a emergir da semente, após a ruptura da casca, é a radícula, que logo se diferencia na raiz primária. Esta cresce em direção ao solo, ancorando a planta e iniciando a absorção de água e sais minerais. Nas plantas eudicotiledôneas, a raiz primária origina raízes laterais, vindo a constituir um sistema radicular ramificado. Na maioria das monocotiledôneas, a raiz primária degenera e é substituída por um conjunto de raízes adventícias que se desenvolvem a partir do caule, nos pontos de inserção das primeiras folhas.

A maneira pela qual o caule emerge do interior da semente varia entre as espécies vegetais. No feijão, por exemplo, o hipocótilo alonga-se e curva-se, emergindo do solo como um "cotovelo" denominado **gancho de germinação**. A formação do gancho de germinação abre caminho entre as partículas de solo, protegendo a extremidade da planta. Com o crescimento do hipocótilo, os cotilédones emergem do solo e se separam, expondo o epicótilo embrionário. (Fig. 5.9)

Gramíneas (milho, arroz, aveia e trigo, por exemplo) não formam gancho de germinação. Nessas plantas, a extremidade do embrião é protegida pelo **coleóptilo**, uma bainha que permanece fechada até o caule emergir do solo. O coleóptilo protege o tecido meristemático contra possíveis lesões decorrentes do atrito com as partículas de solo. (Fig. 5.10)

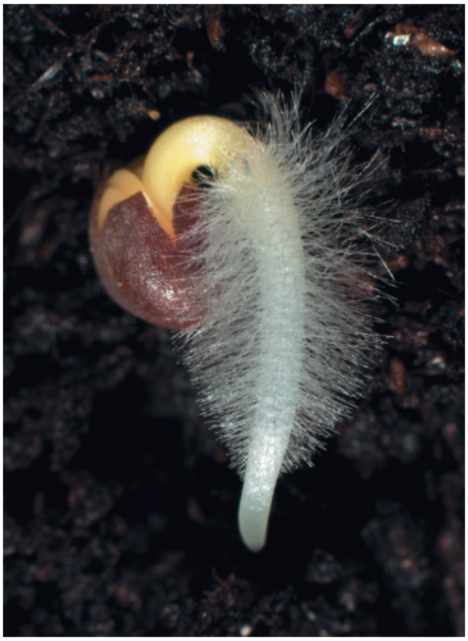
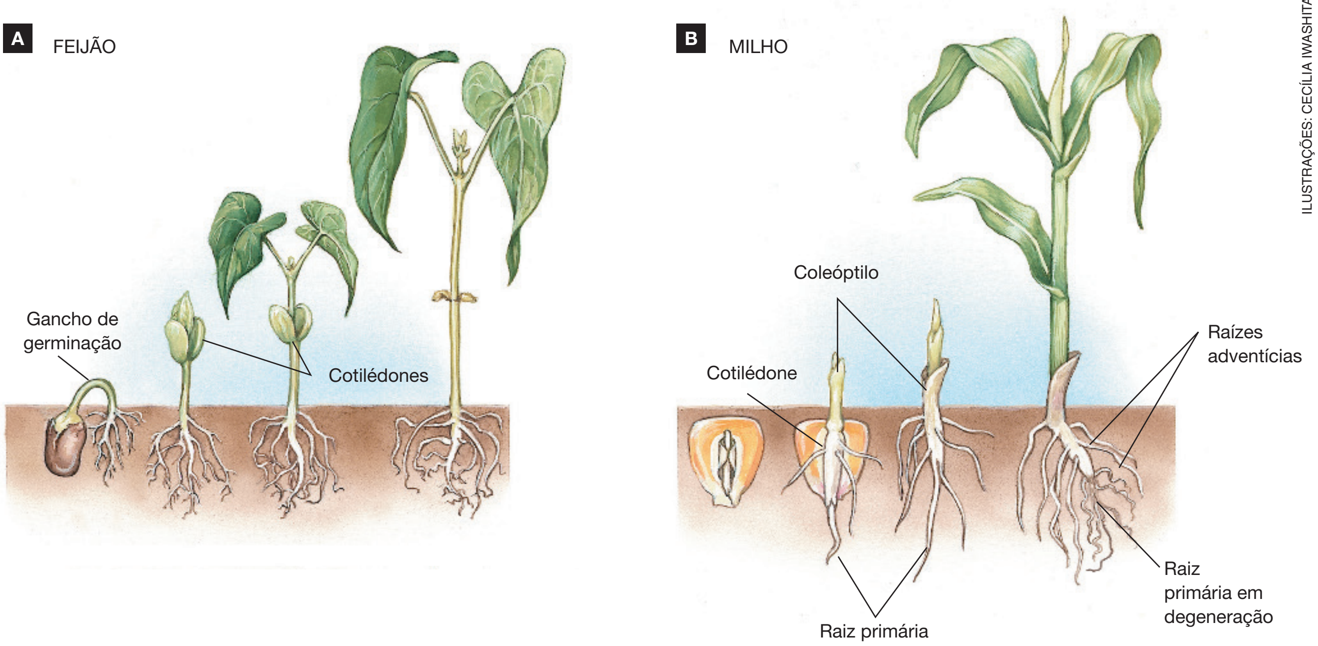

NIGEL CATTLIN/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

Figura 5.9 Semente de repolho (*Brassica oleracea*) em germinação com a raiz primária coberta de pelos absorventes. As sementes medem cerca de 3 mm.



ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Figura 5.10 Representações esquemáticas das etapas da germinação de sementes. **A.** Germinação de semente de feijão, uma eudicotiledônea. **B.** Germinação de semente de milho, uma monocotiledônea. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Meristemas

Durante a germinação da semente, bem como nas fases iniciais de desenvolvimento, o crescimento da planta depende da multiplicação de **células meristemáticas** (do grego *merizein*, divisão), que têm forma poliédrica, parede fina e flexível (parede primária), citoplasma denso com pequenos vacúolos, núcleo volumoso e grande capacidade de multiplicação por mitose.

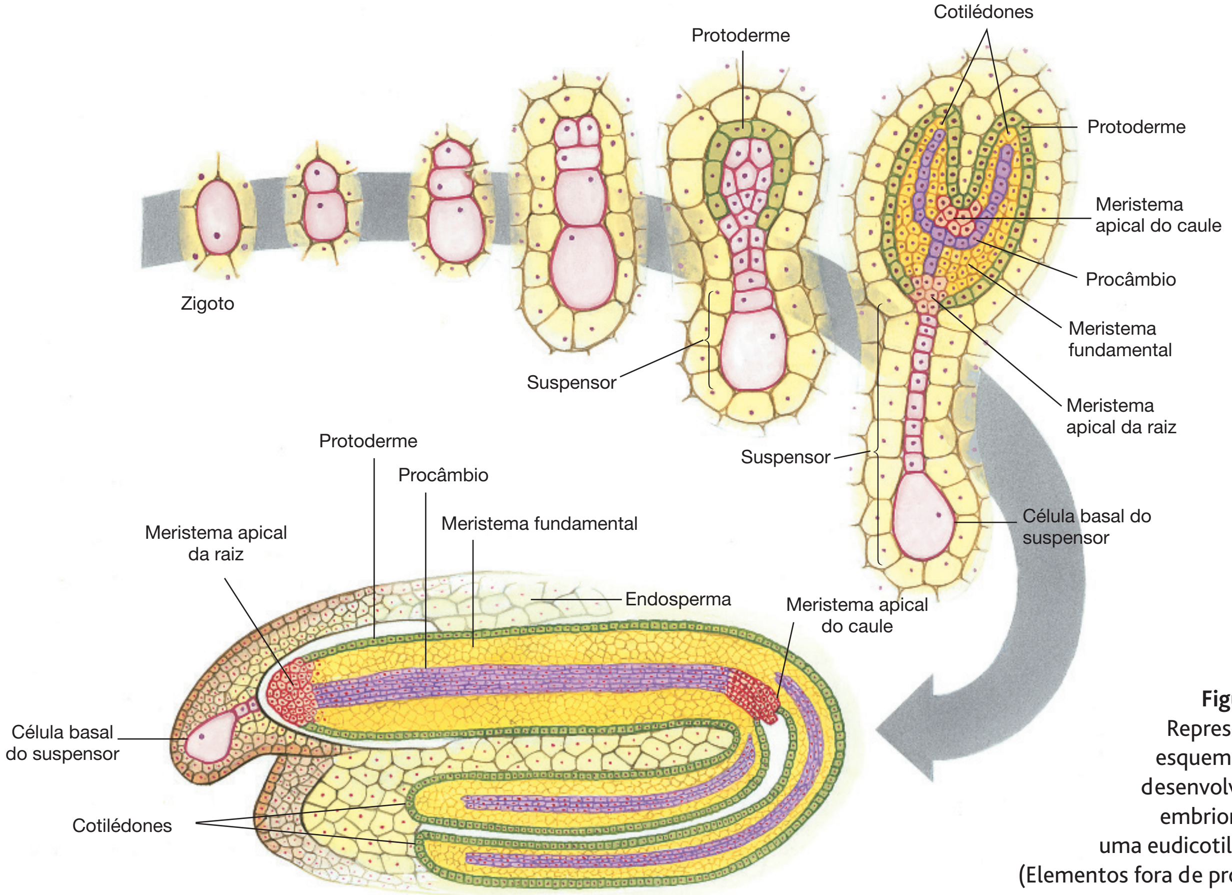
Os tecidos meristemáticos presentes nas extremidades dos caules e das raízes são chamados **meristemas primários**, uma vez que suas células nunca antes se diferenciaram, tendo permanecido como células meristemáticas desde que surgiram no embrião.

Durante o desenvolvimento da planta, como veremos adiante, células já diferenciadas para o exercício de funções específicas podem se "desdiferenciar", readquirindo a capacidade de se dividir e originar meristemas. Estes, por surgirem a partir de tecidos já diferenciados, são denominados **meristemas secundários**.

Diferenciação celular e principais tecidos vegetais

As novas células produzidas pelos meristemas primários das extremidades do caule e da raiz levam o embrião a se alongar. À medida que se distanciam de seus locais de origem, as células passam a se especializar na realização de determinadas funções, processo conhecido como **diferenciação celular**. Os primeiros tecidos a se diferenciar no embrião das plantas traqueófitas – pteridófitas, gimnospermas e angiospermas – são a protoderme, o meristema fundamental e o procâmbio.

A **protoderme** (do grego *protos*, primeira, e *derma*, pele) é a camada de células que reveste externamente o embrião e que dará origem à epiderme, o primeiro revestimento da planta. O **meristema fundamental** forma um cilindro interiormente à protoderme e originará o córtex (do latim *cortex*, casca, invólucro). A região central do embrião, envolvida pelo meristema fundamental, diferencia-se em **procâmbio** (do latim *pro*, antes, e *cambiare*, trocar), que dará origem aos dois tecidos vasculares da planta: o xilema e o floema. (Fig. 5.11)



Cotilédones
Protoderme
Protoderme
Meristema apical do caule
Procâmbio
Meristema fundamental
Meristema apical da raiz
Zigoto
Suspensor
Suspensor
Célula basal do suspensor
Protoderme
Procâmbio
Meristema fundamental
Meristema apical da raiz
Endosperma
Meristema apical do caule
Célula basal do suspensor
Cotilédones

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Figura 5.11 Representação esquemática do desenvolvimento embrionário de uma eudicotiledônea. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Tecidos de revestimento

As plantas jovens são revestidas por uma camada de células achatadas e bem encaixadas entre si, que constituem a **epiderme** (do grego *epi*, superior, e *derma*, pele). As células epidérmicas secretam, na superfície da planta exposta ao ambiente, substâncias impermeabilizantes que formam uma película – a **cutícula** –, que evita a perda de água por transpiração.

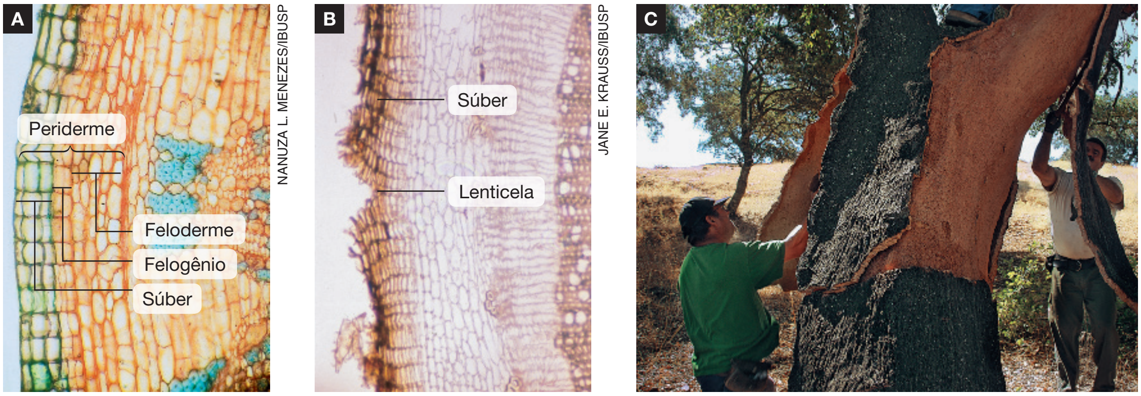
As células epidérmicas, com exceção das que formam os estômatos, não têm cloroplastos. Como veremos no próximo capítulo, **estômatos** são estruturas epidérmicas que controlam a entrada e a saída de gases na planta e evitam a perda de água por evaporação.

Na epiderme pode haver estruturas filamentosas constituídas por uma ou mais células denominadas **pelos**, ou **tricomas**. A raiz, por exemplo, apresenta os chamados **pelos absorventes**, que aumentam significativamente a área epidérmica radicular capaz de absorver água e sais minerais do solo. Nas folhas também pode haver tricomas, que executam diversas funções; na urtiga, por exemplo, os tricomas produzem substâncias tóxicas e sua função é proteger a planta do ataque de animais herbívoros. As folhas de certas plantas do cerrado apresentam tricomas em grande quantidade, o que contribui para reduzir a perda de água por transpiração.

Algumas plantas, à medida que amadurecem, têm a epiderme de suas raízes e de seus caules substituída por um novo revestimento, mais espesso, resistente e impermeável, que protege as partes internas de traumas e da perda de água. Esse revestimento, denominado **periderme**, forma-se a partir de um cilindro de células meristemáticas – o **felogênio** – gerado pela desdiferenciação de células parenquimáticas. O felogênio é, portanto, um meristema secundário.

As células do felogênio multiplicam-se intensamente, produzindo camadas celulares para o interior da planta, onde originam a feloderme, e para o exterior, onde originam o súber. A **feloderme** é constituída por células vivas, enquanto o **súber** é constituído por células mortas, das quais restaram apenas as paredes celulares impregnadas de **suberina**, uma substância impermeabilizante. Em conjunto, feloderme, felogênio e súber formam a periderme.

Em diversos pontos do caule ou da raiz de uma árvore, a periderme costuma apresentar pequenas protuberâncias, muitas vezes visíveis a olho nu, denominadas **lenticelas**. Nesses locais, as células do súber são arredondadas e unidas frouxamente, deixando espaços entre si por onde ocorrem trocas gasosas entre o ar atmosférico e os tecidos internos da planta. (Fig. 5.12)



NANUZA L. MENEZES/IBUSP

JANE E. KRAUSS/IBUSP

J. D. DALLET/AGE FOTOSTOCK/KEYSTONE BRASIL

Figura 5.12 A. Fotomicrografia de corte transversal de caule (*Eichhornia crassipes*), evidenciando as três partes da periderme. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 110×; cores artificiais.) **B.** Fotomicrografia de corte transversal de caule (*Coleus* sp.), evidenciando uma lenticela. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 75×; cores artificiais.) **C.** Corticeira (*Quercus suber*), cujos caules são revestidos por uma espessa camada de súber (cortiça), material empregado na fabricação de rolhas. Essa árvore chega a medir cerca de 20 m de altura.

Parênquimas

Parênquima é a denominação genérica para tecidos vegetais constituídos por células de paredes finas compostas basicamente de celulose, denominadas paredes primárias. Grande parte dos tecidos parenquimáticos tem por função preencher espaços entre tecidos de revestimento e tecidos condutores; por isso, os parênquimas são também chamados de tecidos de preenchimento. No córtex, as células parenquimáticas deixam entre si espaços intercelulares cheios de ar, o que é essencial para a respiração das células mais internas da planta. Embora diferenciadas, as células do parênquima têm capacidade de desdiferenciação, ou seja, podem voltar a se dividir, desempenhando papel importante na regeneração de lesões.

As células de certos tecidos parenquimáticos podem acumular amido e outras substâncias de reserva; esse tipo de tecido é denominado **parênquima de reserva**; no caso de a reserva ser constituída de amido, o parênquima é chamado de amilífero. Plantas que flutuam na água costumam apresentar parênquimas especializados no acúmulo de gases entre as células, sendo por isso denominados **parênquimas aeríferos**, ou aerênquimas. Plantas de regiões áridas têm **parênquimas aquíferos**, especializados em reserva de água. Os espaços internos das folhas são preenchidos por um parênquima especial, cujas células possuem grande número de cloroplastos, sendo por isso chamado de **parênquima clorofiliano**, cuja função é realizar a fotossíntese.

Tecidos de sustentação

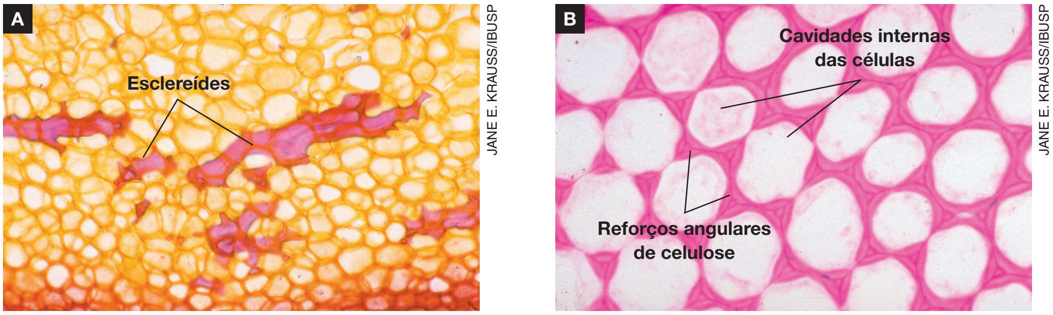
Embora a parede de cada célula vegetal constitua um "microesqueleto", as plantas vasculares apresentam ainda dois tecidos especializados na sustentação esquelética do corpo vegetal: o colênquima e o esclerênquima.

O **colênquima** é formado por células vivas e alongadas, cujas paredes apresentam reforços de celulose, principalmente nos cantos. As células do colênquima estão organizadas em feixes longitudinais no interior de raízes e caules, principalmente em partes jovens da planta.

O **esclerênquima** é formado por células que morreram em razão do próprio processo de diferenciação. Durante esse processo, as paredes celulares ficaram repletas de uma substância impermeável, a **lignina**, formando elementos de grande resistência. Esses elementos podem ser de dois tipos: fibras esclerenquimáticas e esclereídes.

As **fibras esclerenquimáticas** estão presentes em diversas partes da planta: caules, folhas, frutos e sementes. As fibras da juta, do sisal e do linho, muito utilizadas na indústria têxtil, são fibras esclerenquimáticas de folhas e de caules de *Corchorus capsularis*, *Agave sisalana* e *Linum usitatissimum*, respectivamente. O revestimento duro das sementes e dos frutos de muitas espécies, como nozes, avelãs e cocos, é constituído principalmente por fibras esclerenquimáticas.

As **esclereídes** têm forma variada, em geral ramificada, e podem ser encontradas isoladamente ou em grupo entre as células parenquimáticas. Por exemplo, as "pedrinhas" que percebemos ao comer uma pera são esclereídes presentes no fruto. (Fig. 5.13)


A
Esclereídes
B
Cavidades internas das células
Reforços angulares de celulose

JANE E. KRAUSS/IBUSP

JANE E. KRAUSS/IBUSP

Figura 5.13 Fotomicrografias de cortes de tecidos vegetais mostrando (**A**) esclereídes (aumento ≈ 60×) e (**B**) colênquima (aumento ≈ 200×). (Microscópio fotônico; cores artificiais.)

Tecidos vasculares

Como vimos no capítulo anterior, as pteridófitas, gimnospermas e angiospermas, conhecidas como plantas vasculares ou traqueófitas, caracterizam-se por apresentar tecidos condutores de seiva: o **xilema**, que conduz água e sais minerais – **a seiva mineral** – da raiz para as folhas, e o **floema**, que conduz uma solução de substâncias orgânicas originalmente produzidas nas folhas – a **seiva orgânica** – para as diversas partes da planta.

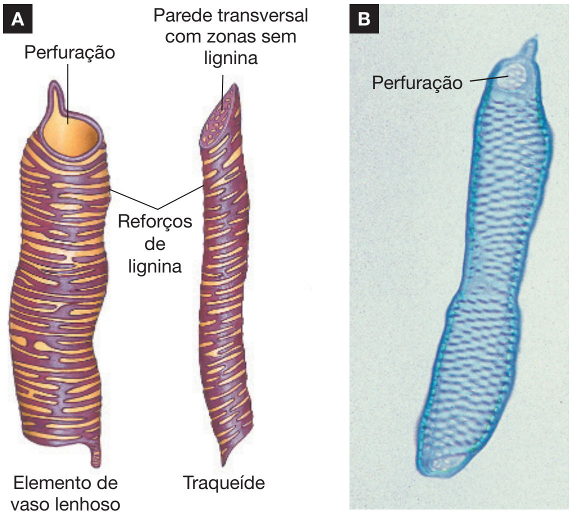
Nas angiospermas, o **xilema**, também chamado de **lenho** (do latim *lignu*, madeira), é composto basicamente de dois tipos de elementos condutores da seiva mineral: as traqueídes e os elementos de vaso lenhoso. Também fazem parte do xilema elementos não diretamente envolvidos na condução de seiva, como fibras, células parenquimáticas e células secretoras. Traqueídes e elementos de vaso lenhoso são constituídos por células mortas, das quais restaram apenas as paredes celulares espessas, impregnadas de lignina.

Traqueídes são estruturas alongadas, com extremidades afiladas e que conservam as paredes transversais da célula. Nelas há grande número de pequenos orifícios, ou **poros**, que formam canais de comunicação entre traqueídes adjacentes.

Elementos de vaso lenhoso são estruturas cilíndricas relativamente mais curtas que as traqueídes, com grandes perfurações nas extremidades, resultantes da desintegração das paredes transversais. Elementos de vaso enfileirados comunicando-se pelas perfurações das paredes transversais formam longos tubos, os **vasos lenhosos**, que transportam a seiva mineral. Elementos de vaso lenhoso estão presentes apenas em plantas angiospermas; em gimnospermas e pteridófitas, há apenas traqueídes. (Fig. 5.14)

O **floema**, também chamado **líber** (do latim *liber*, parte interna da casca), é constituído por diversos tipos de célula. Além dos elementos condutores da seiva orgânica – as **células crivadas** e os **elementos de tubo crivado** –, há também fibras e células parenquimáticas.

As células crivadas e os elementos de tubo crivado recebem essa denominação por apresentarem em suas paredes áreas com um grande número de poros, as áreas crivadas e as placas crivadas. Cada poro é atravessado por um **plasmodesmo**, uma fina ponte citoplasmática que comunica diretamente os citoplasmas de células vizinhas do floema.



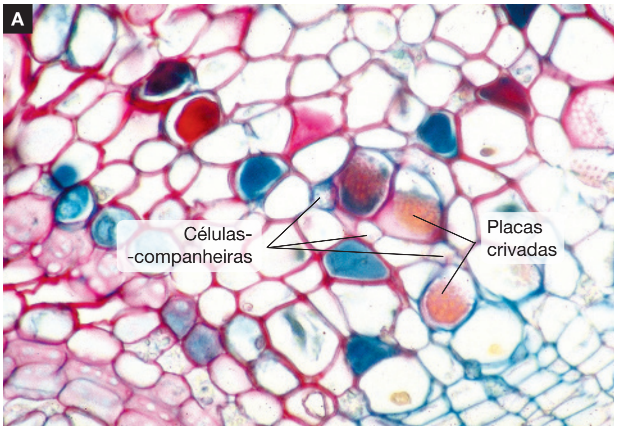
CECÍLIA IWASHITA

JANE E. KRAUSS/IBUSP

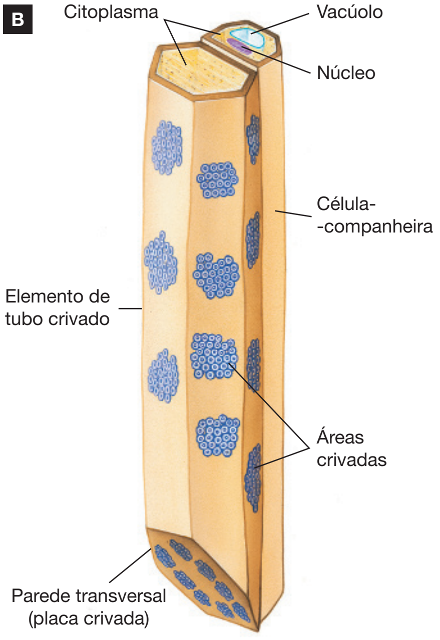
Figura 5.14 A. Representação esquemática de elementos de vaso lenhoso e traqueíde, componentes do xilema. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) **B.** Fotomicrografia de um elemento de vaso lenhoso isolado do xilema, mostrando a perfuração. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 80×; cores artificiais.)

Durante sua formação, células crivadas e elementos de tubo crivado perdem o núcleo, o vacúolo central, os ribossomos, o complexo golgiense e o citoesqueleto. Restam no citoplasma apenas retículo endoplasmático não granuloso, mitocôndrias e uns poucos plastos. Mesmo sem essas organelas, células crivadas e elementos de tubo crivado mantêm-se vivos, nutridos por um tipo especial de célula parenquimática que lhes fornece proteínas e outras substâncias úteis. Essas células nutritivas, quando estão associadas a células crivadas, são denominadas **células albuminosas**; quando associadas a elementos de tubo crivado, denominam-se **células-companheiras**.

Os elementos de tubo crivado dispõem-se formando feixes, os **tubos crivados**. As paredes dos elementos de tubo crivado apresentam áreas de grande concentração de poros, cujo diâmetro é bem maior que o de células crivadas. Essas regiões, chamadas de placas crivadas, são interpretadas como uma evidência da maior especialização dos tubos crivados em relação às células crivadas. Elementos de tubo crivado estão presentes apenas em angiospermas; no floema de gimnospermas e de pteridófitas há apenas células crivadas. (Fig. 5.15)



NANUZA L. MENEZES/IBUSP



JURANDIR RIBEIRO

Figura 5.15 A. Fotomicrografia de floema com tubos crivados e células-companheiras cortados transversalmente. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 270×; cores artificiais.) **B.** Representação esquemática de elemento de tubo crivado e célula-companheira. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

A organização corporal das angiospermas no nível microscópico é um assunto complexo e com muitos conceitos novos para os estudantes. Deixe em segundo plano a nomenclatura e a memorização e aborde o tema com uma visão integradora, estimulando os estudantes a compreender o modo como as plantas crescem, com ênfase na diferenciação de células e tecidos a partir dos ápices de raízes e caules e dos primórdios de folhas. É importante destacar a relevância da nomenclatura na linguagem científica, desde que sua apropriação seja por meio da aprendizagem significativa e não por simples memorização. Uma maneira de orientar o estudo e a aprendizagem significativa é por meio de questões que ligam conceitos para a formação de proposições. Estimule os estudantes a responder às questões consultando o livro e a elaborar roteiros de estudo, analisando os textos parágrafo por parágrafo.

5.3 Organização corporal das angiospermas

À medida que o desenvolvimento embrionário prossegue e a diferenciação dos tecidos vegetais progride, ocorre a **morfogênese** (do grego *morphe*, forma, e *genese*, origem), processo em que se formam a raiz, o caule e as folhas.

Estrutura da raiz

A extremidade de uma raiz é envolta por uma estrutura celular em forma de capuz, a **coifa** (do latim *cofia*, espécie de gorro). Esta protege do atrito com o solo a **zona de multiplicação celular**, constituída basicamente pelo meristema subapical. Seguindo-se à zona de multiplicação celular encontra-se a **zona de alongamento celular**, assim chamada porque nesse local as células se distendem e crescem muito em comprimento.

À zona de alongamento segue-se a **zona de maturação celular**, onde começam a se diferenciar a epiderme, o córtex e o cilindro vascular. Na parte externa da planta, a zona de maturação pode ser identificada pela presença de grande número de **pelos absorventes**. (Fig. 5.16)

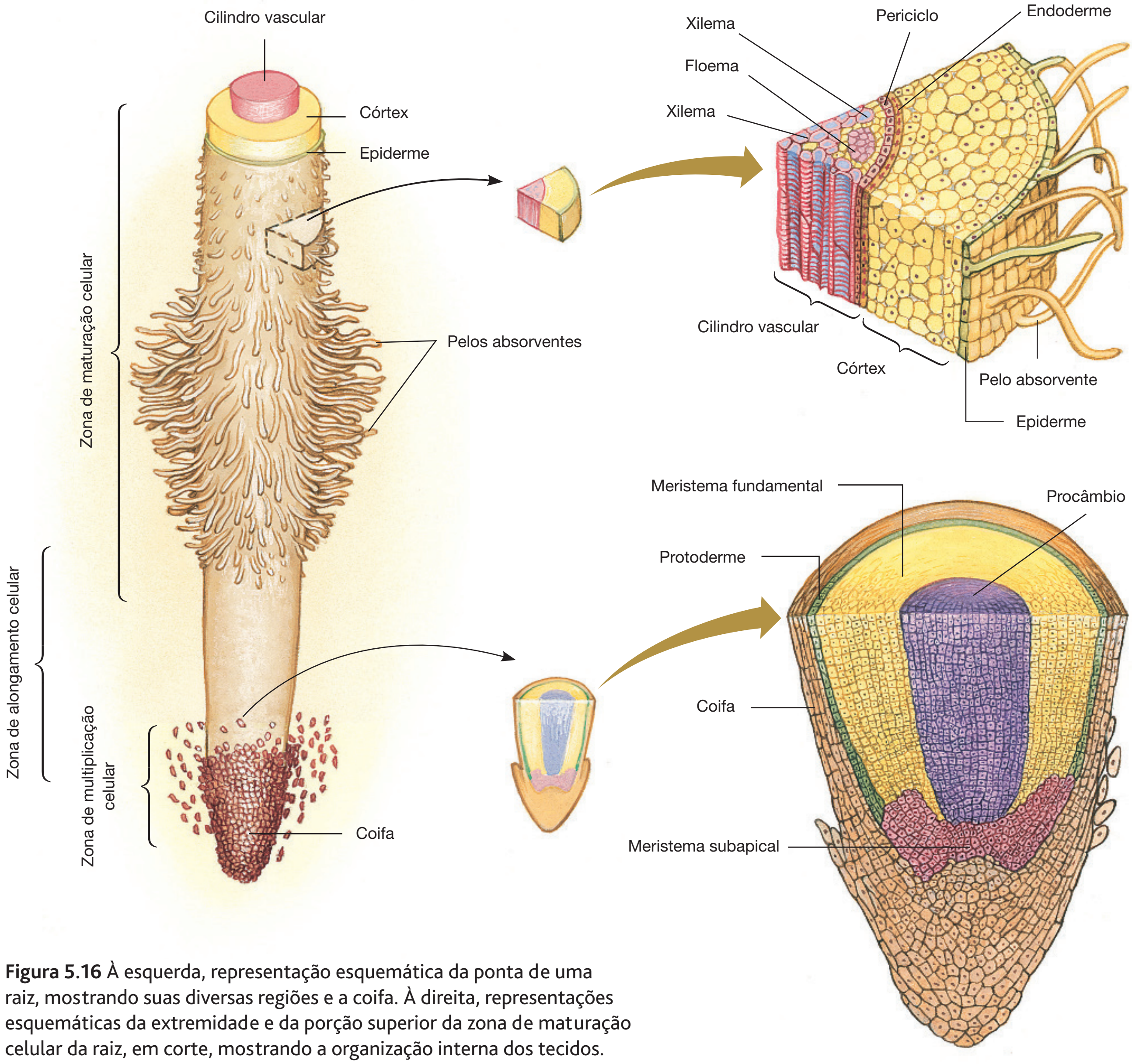

Cilindro vascular
Córtex
Epiderme
Zona de maturação celular
Pelos absorventes
Zona de alongamento celular
Zona de multiplicação celular
Coifa
Xilema
Periciclo
Endoderme
Floema
Xilema
Cilindro vascular
Córtex
Pelo absorvente
Epiderme
Meristema fundamental
Procâmbio
Protoderme
Coifa
Meristema subapical

Figura 5.16 À esquerda, representação esquemática da ponta de uma raiz, mostrando suas diversas regiões e a coifa. À direita, representações esquemáticas da extremidade e da porção superior da zona de maturação celular da raiz, em corte, mostrando a organização interna dos tecidos. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

OSVALDO SEQUETIN

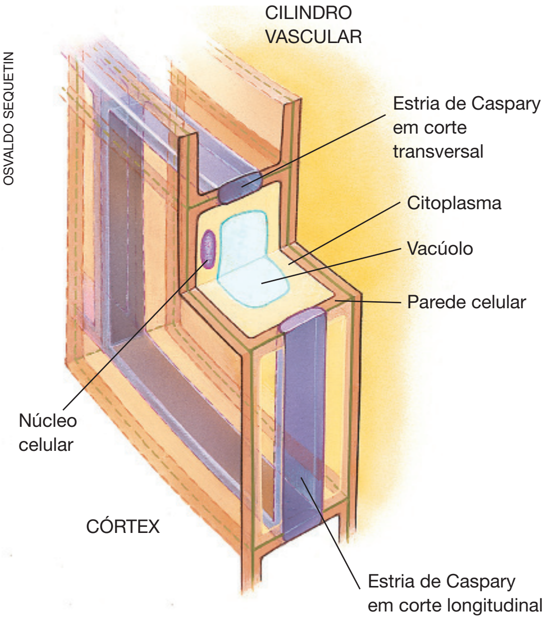

CILINDRO VASCULAR
Estria de Caspary em corte transversal
Citoplasma
Vacúolo
Parede celular
Núcleo celular
CÓRTEX
Estria de Caspary em corte longitudinal

Figura 5.17 Representação esquemática da localização da estria de Caspary nas quatro paredes celulares de contato com células endodérmicas vizinhas. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Internamente ao córtex da raiz, a partir da zona de maturação, diferencia-se uma camada celular em forma de cilindro, a **endoderme** (do grego *endon*, dentro, e *derma*, pele), que delimita a região interna da raiz. A endoderme é constituída por células bem encaixadas entre si e dotadas de reforços em forma de cinta, as chamadas estrias de Caspary.

Imagine a **estria de Caspary** como uma faixa contínua nas paredes laterais da célula endodérmica, em contato com células adjacentes. As estrias de Caspary vedam completamente os espaços entre as células endodérmicas vizinhas, de tal maneira que, para penetrar no cilindro vascular, qualquer substância, mesmo a água, tem necessariamente que atravessar a membrana e o citoplasma das células endodérmicas. Isso possibita à planta o controle do fluxo de substâncias e da composição da seiva. (Fig. 5.17)

Internamente à endoderme, ocupando toda a região central da raiz, encontra-se o **cilindro vascular**, também chamado de **cilindro central**, cujos principais componentes são os tecidos condutores de seiva. O xilema localiza-se mais internamente e o floema, em posição mais periférica.

A camada mais externa do cilindro vascular, em contato com a endoderme, é um tecido especializado denominado **periciclo** (do grego *peri*, ao redor, e *kyklos*, círculo). O periciclo constitui-se por uma ou algumas camadas de células que podem readquirir a capacidade de se dividir e assim originar meristemas secundários, dentre os quais os responsáveis pela produção de raízes laterais. (Fig. 5.18)

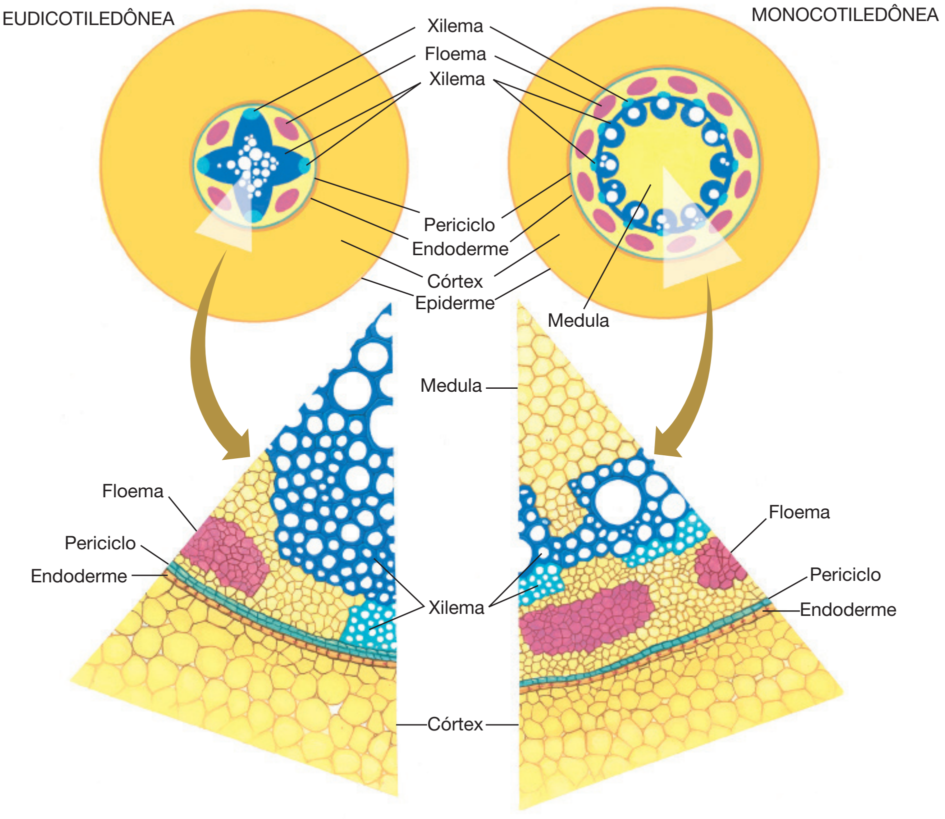

EUDICOTILEDÔNEA
MONOCOTILEDÔNEA
Xilema
Floema
Xilema
Periciclo
Endoderme
Córtex
Epiderme
Medula
Medula
Floema
Periciclo
Endoderme
Xilema
Floema
Periciclo
Endoderme
Córtex

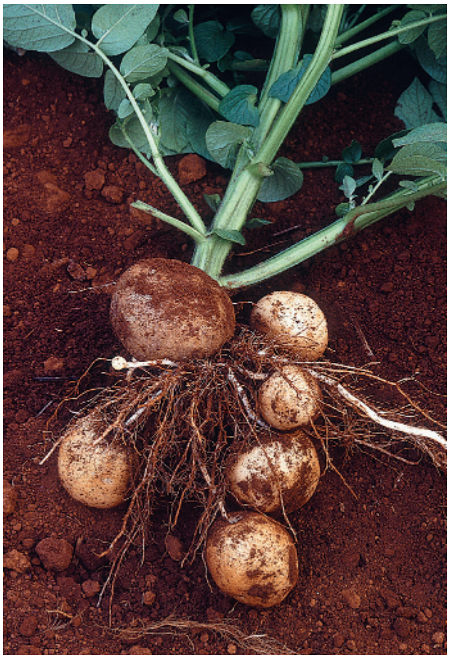
Figura 5.18 Representação esquemática da organização interna de dois tipos de raízes em corte transversal: à esquerda, raiz jovem de eudicotiledônea; à direita, raiz de milho, monocotiledônea. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Estrutura do caule

O caule liga e integra raízes e folhas, tanto do ponto de vista estrutural como funcional. Em outras palavras, além de constituir a estrutura física onde se inserem raízes e folhas, o caule é o responsável pelo transporte de água e de substâncias orgânicas entre esses órgãos.

Na maioria das plantas, o caule cresce perpendicularmente para fora do solo. Há espécies, porém, em que ele cresce horizontalmente, na superfície do solo ou enterrado. A grama e o morangueiro têm caules do tipo **estolho**, ou estolão, que crescem horizontalmente sobre o solo, enquanto a bananeira e o bambu têm caules subterrâneos denominados **rizomas**. A batata-inglesa forma estruturas caulinares arredondadas subterrâneas, denominadas tubérculos, com células ricas em grãos de amido. Caules subterrâneos apresentam **gemas**, ou botões vegetativos, a partir dos quais podem se desenvolver ramos e folhas. A presença dessas estruturas permite distingui-los das raízes. (Fig. 5.19)



FABIO COLOMBINI

Figura 5.19 Planta de batata-inglesa (*Solanum tuberosum*) desenterrada para mostrar os tubérculos.

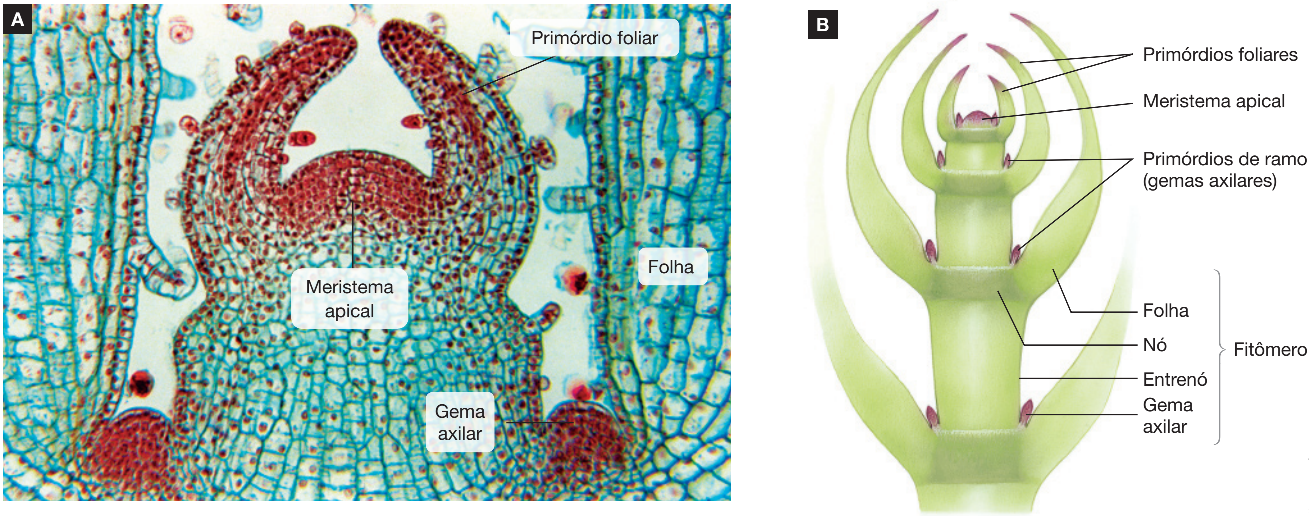
A parte mais jovem do caule é o ápice, onde ocorre a multiplicação das células do meristema apical, responsável pelo crescimento em extensão da planta. À medida que o caule cresce, vão surgindo espaçadamente os primórdios foliares.

Nos **primórdios foliares** há células meristemáticas, que se multiplicam e originam folhas. Os locais onde as folhas se inserem no eixo caulinar são denominados **nós**; o espaço entre dois nós vizinhos é o **entrenó**. A unidade constituída por um nó e seus primórdios foliares e pelo entrenó adjacente é conhecida como **fitômero** (do grego *phyton*, planta, e *méros*, parte). Durante o crescimento do caule, novos fitômeros vão sendo produzidos.

Na junção de cada primórdio de folha com o eixo caulinar permanece um grupo de células meristemáticas que constitui a **gema axilar** (do grego *axilla*, axila), ou gema lateral do caule. As gemas permanecem em estado de dormência, podendo entrar em atividade e produzir ramos laterais. (Fig. 5.20)

As células geradas pela atividade do meristema apical do caule originam os três tipos básicos de meristemas – protoderme, meristema fundamental e procâmbio –, a partir dos quais se diferenciam, respectivamente, a epiderme, o córtex e os tecidos condutores de seiva.

A comparação entre raízes, caules e folhas das plantas mostra diferentes aspectos da diversidade do mundo vivo. Relacione tal diversidade com os hábitats típicos das plantas e use a evidência de adaptação ao ambiente para discutir a origem evolutiva da diversidade. Mostre aos estudantes que, apesar das diferenças anatômicas visíveis a olho nu, a organização morfológica no nível microscópico é muito semelhante entre as diversas espécies de angiospermas, o que revela a unidade do mundo vivo, ou seja, que grande parte das diferenças observadas são variações de uma organização estrutural básica que as diversas espécies herdaram de um ancestral comum.



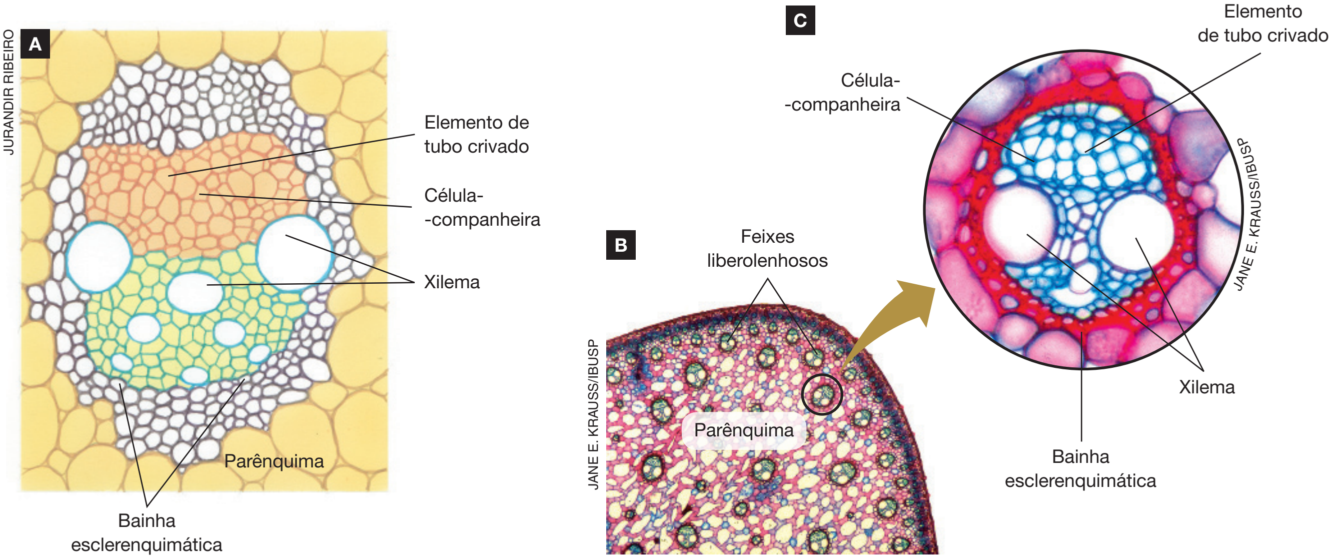
TRIARCH/VISUALS UNLIMITED, INC/GLOW IMAGES

ILUSTRAÇÃO: CECÍLIA IWASHITA

Figura 5.20 A. Fotomicrografia do ápice caulinar de *Coleus* sp. em corte longitudinal. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 200×; cores artificiais.) **B.** Representação esquemática da organização geral de um caule. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Os tecidos condutores de caules ainda jovens organizam-se em feixes, que contêm floema na região voltada para o exterior da planta e xilema na região voltada para o interior. Esses conjuntos são denominados **feixes liberolenhosos**.

Os feixes liberolenhosos diferenciam-se a partir do procâmbio, que permanece entre o xilema e o floema formados. A presença de procâmbio no feixe possibilita a contínua formação de novos elementos xilemáticos, voltados para o interior do caule, e de novos elementos floemáticos, voltados para o exterior. (Fig. 5.21)



JURANDIR RIBEIRO

JANE E. KRAUSS/IBUSP

JANE E. KRAUSS/IBUSP

Figura 5.21 **A.** Representação esquemática de feixe liberolenhoso de uma eudicotiledônea herbácea em corte transversal. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) **B.** Fotomicrografia de caule da monocotiledônea *Cyperus papyrus*, o papiro, em corte transversal, mostrando os feixes liberolenhosos distribuídos no caule. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 50×; cores artificiais.) **C.** Fotomicrografia de um feixe liberolenhoso em detalhe. Os feixes liberolenhosos podem estar envoltos por uma bainha de fibras esclerenquimáticas. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 330×; cores artificiais.)

Crescimento secundário de raiz e caule

Na maioria das monocotiledôneas e em algumas eudicotiledôneas herbáceas, o crescimento em espessura da planta praticamente cessa com o amadurecimento dos primeiros tecidos; por isso, diz-se que essas plantas apresentam apenas **crescimento primário**.

Outras plantas, como as gimnospermas e a maioria das angiospermas, continuam a crescer em espessura, de modo que seus caules e raízes podem atingir grandes diâmetros. Esse crescimento em espessura é o que os botânicos denominam **crescimento secundário**.

A organização dos tecidos, em uma raiz ou caule que teve apenas crescimento primário, é bem distinta daquela encontrada em caules e raízes com crescimento secundário. Essas estruturas típicas de cada estágio do crescimento de caules e raízes são chamadas, respectivamente, de **estrutura primária** e **estrutura secundária**.

O crescimento secundário ocorre pela atividade de dois meristemas secundários: **o câmbio vascular**, assim denominado por originar elementos condutores de seiva, e o **câmbio da casca**, ou **felogênio** (do grego *phellos*, cortiça, e *genos*, que gera), que origina a periderme.

As células do câmbio vascular, o qual se dispõe como um cilindro entre o floema e o xilema, dividem-se continuamente, formando novas camadas celulares, tanto para o interior da planta como na parte voltada para fora. As células que se formam para o interior diferenciam-se em elementos do xilema; as que se formam para o exterior diferenciam-se em elementos do floema. (Fig. 5.22)

As células do câmbio da casca originam a periderme, que constitui o revestimento de raízes e caules com crescimento secundário. Com o desenvolvimento da periderme, a epiderme e o córtex isolam-se do restante da raiz e terminam por morrer e se soltar.

Em muitas árvores, depois de um período intenso de atividade, o câmbio da casca deixa de funcionar e surge um novo felogênio, mais interno, que passa a produzir feloderme e súber. A antiga periderme, chamada **ritidoma**, racha-se e solta-se da planta.

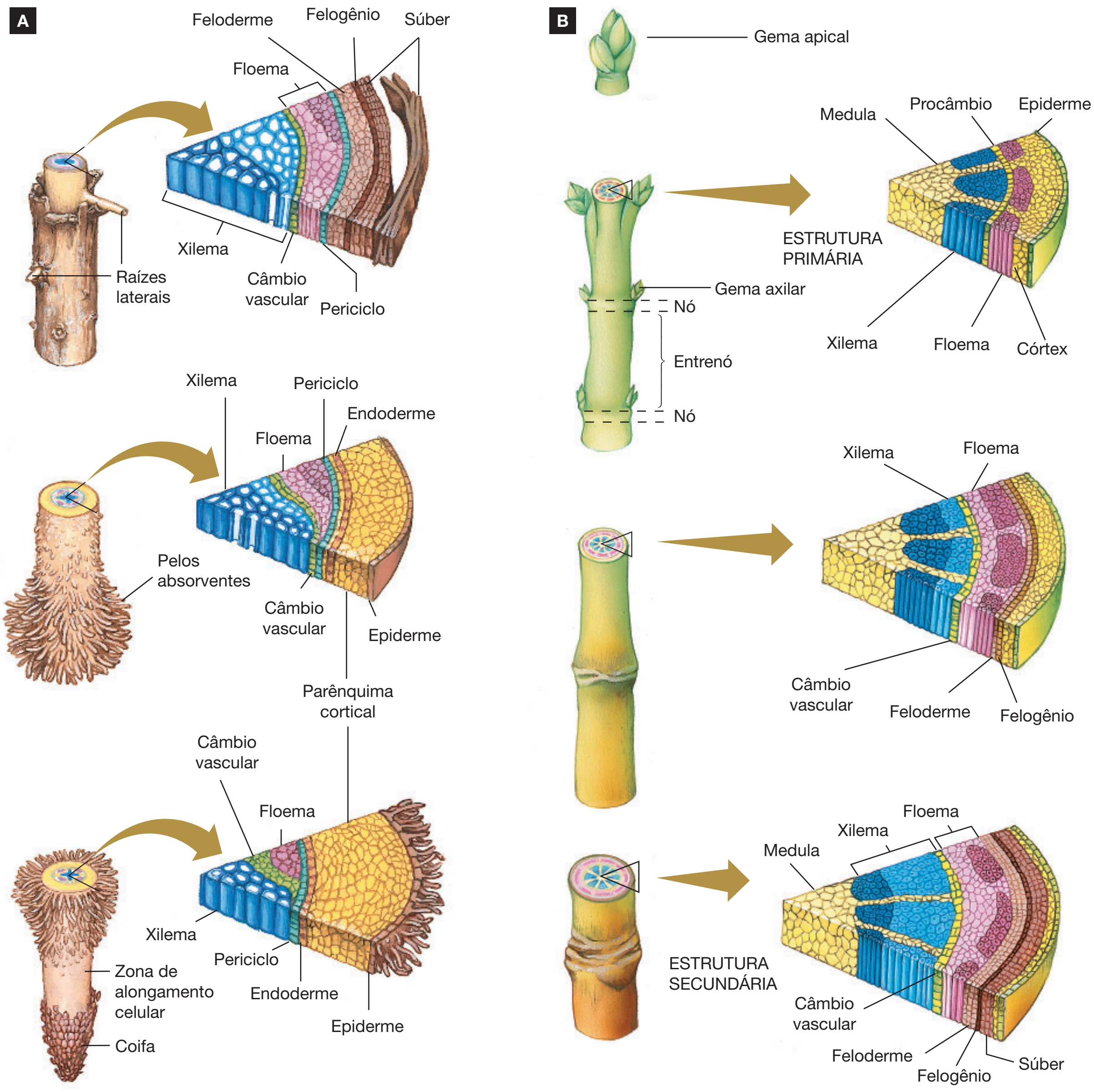

A
Feloderme
Felogênio
Súber
Floema
Xilema
Raízes laterais
Câmbio vascular
Periciclo
Xilema
Periciclo
Endoderme
Floema
Pelos absorventes
Câmbio vascular
Epiderme
Parênquima cortical
Câmbio vascular
Floema
Xilema
Periciclo
Zona de alongamento celular
Endoderme
Epiderme
Coifa
B
Gema apical
Medula
Procâmbio
Epiderme
ESTRUTURA PRIMÁRIA
Gema axilar
Nó
Entrenó
Nó
Xilema
Floema
Córtex
Xilema
Floema
Câmbio vascular
Feloderme
Felogênio
Floema
Xilema
Medula
ESTRUTURA SECUNDÁRIA
Câmbio vascular
Feloderme
Felogênio
Súber

Figura 5.22 Representações esquemáticas das estruturas primária e secundária de uma raiz (**A**) e de um caule (**B**) em cortes transversais em três alturas. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

O caule das árvores é constituído principalmente por xilema, pois o câmbio vascular produz relativamente muito mais elementos xilemáticos do que elementos floemáticos. O xilema de uma árvore geralmente apresenta uma região central mais escura, o cerne, circundada por uma região externa mais clara, o alburno.

O **cerne** é formado por xilema inativo, cujos vasos lenhosos não transportam mais seiva mineral. Suas paredes estão impregnadas de corantes e resinas produzidos pela planta, que impedem a proliferação de microrganismos. Por sua dureza e resistência, o cerne é a madeira preferida para trabalhos de marcenaria. O **alburno**, por sua vez, é constituído por vasos lenhosos ativos no transporte da seiva mineral das raízes para as folhas. (Fig. 5.23)

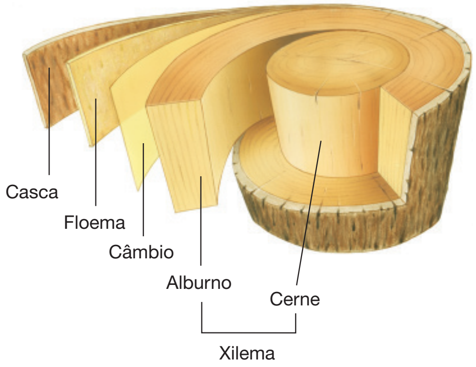

Casca
Floema
Câmbio
Alburno
Cerne
Xilema

Figura 5.23 Representação esquemática da organização básica dos tecidos no tronco de uma árvore. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Estrutura da folha

As **folhas** desenvolvem-se a partir dos primórdios foliares e não têm crescimento secundário. À medida que o primórdio foliar se desenvolve, os tecidos se diferenciam e se organizam em uma estrutura laminar altamente adaptada à captação de luz.

A forma das folhas, assim como a disposição interna de seus tecidos, varia entre as espécies, o que reflete adaptações a diferentes tipos de ambiente. Os tipos mais comuns de folha têm uma porção laminar expandida, o **limbo**, ou lâmina foliar, e um pedúnculo, o **pecíolo**, pelo qual o limbo se prende ao ramo caulinar.

A folha é totalmente revestida por uma epiderme que, na maioria das plantas, é uniestratificada, isto é, formada por uma única camada de células. Entretanto, plantas adaptadas a regiões secas, as chamadas plantas **xerófitas** (do grego *xeros*, seco, e *phyton*, planta), podem apresentar uma epiderme constituída por várias camadas de células, que conferem mais proteção contra a perda de água.

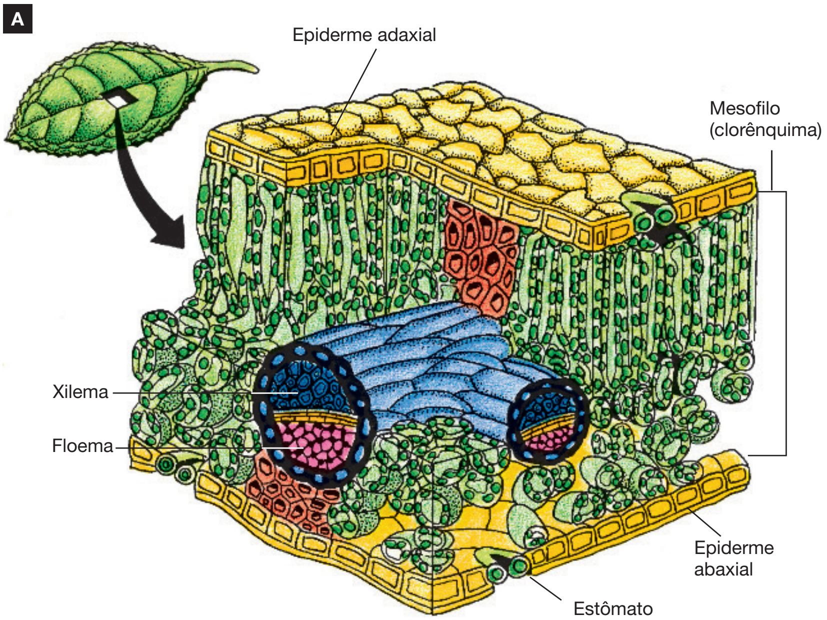
As células epidérmicas secretam cutina, substância de natureza lipídica que forma uma película semi-impermeável – a **cutícula** – que reveste externamente a folha. As trocas gasosas entre a folha e o ambiente são realizadas por estômatos presentes principalmente na face inferior da folha.

O interior foliar é preenchido por um tecido parenquimático denominado **mesofilo**, cujas células são ricas em cloroplastos; por isso, esse tecido é também chamado de **parênquima clorofiliano**, ou clorênquima.

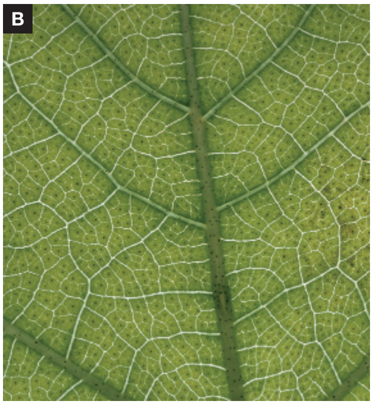
Os tecidos condutores da folha encontram-se agrupados em feixes vasculares, associados ou não a tecidos de sustentação, formando as **nervuras foliares**. Os feixes condutores da folha são prolongamentos dos feixes liberolenhosos do caule e apresentam o xilema voltado para a face adaxial, ou superior, e o floema voltado para a face abaxial, ou inferior.

Na maioria das monocotiledôneas, as nervuras têm aproximadamente a mesma espessura ao longo de todo o seu comprimento e dispõem-se paralelamente entre si. As folhas que apresentam esse tipo de nervura são denominadas **folhas paralelinérveas**. Nas outras angiospermas, as nervuras formam um padrão ramificado, com feixes condutores cada vez mais finos. Folhas com esse tipo de arranjo recebem a denominação de **folhas peninérveas**, ou reticuladas. (Fig. 5.24)

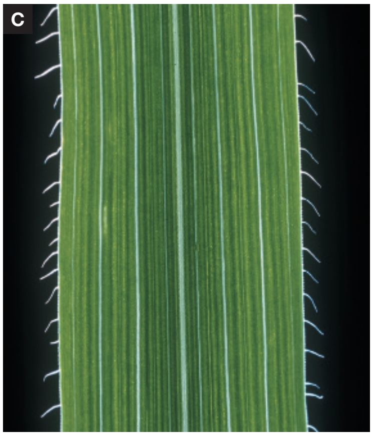
Para que a aprendizagem seja significativa e os alunos consigam compreender mais facilmente a posição dos vasos condutores nas folhas, pode-se fazer um paralelo entre os feixes liberolenhosos de um caule com faixas paralelas de uma via. Nessa analogia, em um trecho reto, a faixa central amarela representaria os feixes de xilema (mais centrais) e a faixa branca periférica representaria os feixes de floema (periféricos). Ao realizar uma curva para a direita, a faixa amarela fica em uma posição superior à faixa branca direita, tendo como referencial a trajetória reta.



SIMONKA



JEROME WEXLER/VISUALS UNLIMITED, INC/GLOW IMAGES



JEROME WEXLER/VISUALS UNLIMITED, INC/GLOW IMAGES

Figura 5.24 A. Representação esquemática tridimensional de uma folha, em corte, para mostrar a estrutura interna. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) (Elaborada com base em Campbell, N. A. e cols., 1999.) As fotografias mostram (**B**) folha de algodão (*Gossipium* sp.) com nervuras reticuladas, típicas de eudicotiledôneas, e (**C**) folha de aveia (*Avena sterilis*) com nervuras paralelas, típicas de monocotiledôneas.

ATIVIDADES

Revendo conceitos, fatos e processos

Registre em seu caderno

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 1 a 3.

a) endosperma
b) flor
c) grão de pólen
d) óvulo
e) tubo polínico

1. A estrutura tubular denominada (▬) resulta do desenvolvimento do gametófito masculino. 1. e

2. Um ramo fértil de angiosperma, em que há folhas modificadas em estruturas reprodutivas, é chamado(▬). 2. b

3. O tecido triploide que nutre o embrião das angiospermas é o(a)(▬). 3. a

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 4 a 7.

a) cotilédone
b) endosperma
c) fruto
d) saco embrionário

4. (▬) é um tecido de reserva das sementes de angiospermas resultante da fusão de uma célula espermática com dois núcleos (núcleos polares) do óvulo. 4. b

5. (▬) é a estrutura que resulta do desenvolvimento do megásporo das angiospermas, correspondente ao gametófito feminino. 5. d

6. Há uma folha especializada no embrião de plantas angiospermas – o (▬) – que armazena e/ou transfere para ele reservas alimentares contidas na semente. 6. a

7. Uma estrutura que se origina do desenvolvimento do ovário, quase sempre após a fecundação dos óvulos, é o (▬). 7. c

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 8 a 11.

a) epiderme
b) felogênio
c) periderme
d) súber

8. O tecido que reveste externamente folhas, caules jovens e raízes jovens é o(a) (▬). 8. a

9. O tecido de revestimento que surge externamente em raízes e caules com crescimento secundário é chamado(a) (▬). 9. c

10. A camada mais externa do tecido de revestimento de raízes e caules com crescimento secundário, formada por células mortas, é chamada (▬). 10. d

11. (▬) é um tecido meristemático secundário que origina revestimento de caules e raízes com crescimento secundário. 11. b

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 12 a 15.

a) célula-companheira
b) floema
c) plasmodesmo
d) xilema

12. O(A) (▬) é um fino filamento citoplasmático que atravessa poros na parede celular e põe em contato os citoplasmas de células vegetais vizinhas. 12. c

13. Um tecido vegetal especializado na condução de água e de sais minerais desde as raízes até as folhas é o(a) (▬). 13. d

14. O tecido vegetal especializado na condução de substâncias orgânicas desde as folhas até as raízes é chamado (▬). 14. b

15. Um elemento de tubo crivado do floema é mantido vivo por um(a) (▬) associado(a) a ele. 15. a

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 16 a 22.

a) câmbio vascular
b) estrutura primária
c) estrutura secundária
d) feixe liberolenhoso
e) gema apical
f) gema axilar
g) mesofilo

16. Os tecidos internos da folha cujas células são ricas em cloroplastos compõem o(a) (▬). 16. g

17. O tecido meristemático presente no ápice de um caule é denominado (▬). 17. e

18. O(A) (▬) é um grupo de células meristemáticas, localizado junto ao ponto de inserção das folhas, que pode originar ramos laterais. 18. f

19. Um conjunto de elementos condutores de seiva, formado por elementos de xilema e de floema, é chamado (▬). 19. d

20. Plantas monocotiledôneas e plantas eudicotiledôneas que não crescem em espessura apresentam em seus caules e raízes um arranjo típico de tecidos conhecido como (▬). 20. b

21. Raízes e caules de plantas eudicotiledôneas que cresceram em espessura apresentam uma disposição típica de tecidos conhecida como (▬). 21. c

22. O(A) (▬) é um tecido meristemático secundário que origina novos elementos condutores de seiva em plantas que têm crescimento secundário. 22. a

23. A fecundação nas plantas angiospermas ocorre 23. d
a) na antera.
b) no estigma.
c) no estilete.
d) no ovário.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

24. A sequência de componentes de uma flor de angiosperma, da periferia para o centro, é 24. c

a) corola, gineceu, cálice e androceu.
b) cálice, gineceu, androceu e corola.
c) cálice, corola, androceu e gineceu.
d) androceu, gineceu, cálice e corola.

25. Caules e raízes que apresentam estrutura secundária são revestidos por 25. d

a) colênquima.
b) epiderme.
c) felogênio.
d) periderme.

26. São meristemas primários: 26. d

a) felogênio e endoderme.
b) gema apical do caule e felogênio.
c) meristema radicular e periciclo.
d) meristema radicular e gema apical do caule.

Questões para exercitar o pensamento

Registre em seu caderno

27. O número de gametas produzido e liberado no ambiente por animais com fecundação externa é bem maior que o número de gametas produzidos por animais com fecundação interna. Como vimos no capítulo, plantas em que a polinização ocorre por anemofilia produzem relativamente mais pólen do que plantas que têm agentes polinizadores específicos como insetos, por exemplo. O que essas situações têm de semelhante? Explique em um texto argumentativo.

28. Um jovem decidiu construir uma casa, que ele pretende deixar para seus filhos e netos, sobre os ramos mais baixos de uma grande árvore. Uma preocupação, durante a elaboração do projeto, é que a casa poderia ficar cada vez mais alta com o passar dos anos. Qual é sua opinião a respeito? Justifique-a.

Faça você mesmo!

Registre em seu caderno

29. Atividade prática: Estudando flores

Os objetivos desta atividade são observar, manipular e documentar as estruturas reprodutivas de plantas angiospermas: as flores.

Material

- flores diversas;
- pinça;
- estilete;
- lâmina de barbear ou bisturi;
- lente de aumento (lupa);
- câmera fotográfica;
- material para desenhar (papel e lápis coloridos).

Se possível, estimule os estudantes a produzir vídeos e imagens das observações feitas nessa atividade, incentivando também outras formas de divulgar os resultados, estimulando a criatividade deles. Os resultados podem ser compartilhados pela internet ou de outras maneiras escolhidas pelos alunos.

Procedimento

1. Colete flores de diversos tipos e note a diversidade de formas e cores.
2. Faça o exame inicial das flores, que consiste em identificar suas diversas partes: sépalas, pétalas, estames e pistilo.
3. Após examinar e contar os diversos componentes de cada flor, faça desenhos esquemáticos e tire fotografias, retratando os componentes florais sob os ângulos mais representativos.
4. Inicie a análise da flor removendo sucessivamente sépalas e pétalas, de modo que restem apenas os estames (que constituem o androceu) e o(s) pistilo(s) (que constitui(em) o gineceu). Se achar conveniente, documente cada etapa com fotos e/ou desenhos.
5. Após examinar os estames, destaque uma antera, observe-a com a lente de aumento e desenhe-a ampliada.
6. Depois de examinar os pistilos e identificar suas partes (estigma, estilete e ovário), corte transversalmente a região mediana do ovário e observe suas câmaras internas, com os óvulos presos em suas paredes (use a lente de aumento). Desenhe tudo o que conseguir observar.

Atenção: o manuseio da lâmina de barbear ou bisturi deve ser feito sob a supervisão do professor.

Ao final da atividade, prepare um relatório com seus desenhos, fotos e observações escritas. Você pode dar mais ênfase ao texto, ilustrando-o com imagens, ou enfatizar mais o aspecto visual, com destaque para as imagens, utilizando as informações escritas como legendas.

A Biologia no vestibular e no Enem

Registre em seu caderno

Questões objetivas

1. (Unifap) Súber, felogênio e feloderme são constituintes de um tecido de crescimento secundário que ocorre nas raízes e caule, cuja função é a proteção. O exposto refere-se a(o) 1. b

a) endoderme.
b) periderme.
c) mesoderme.
d) xilema.
e) ectoderme.

2. (Fuvest-SP) Enquanto a clonagem de animais é um evento relativamente recente no mundo científico, a clonagem de plantas vem ocorrendo já há algumas décadas com relativo sucesso. Células são retiradas de uma planta-mãe e, posteriormente, são cultivadas em meio de cultura, dando origem a uma planta inteira, com genoma idêntico ao da planta-mãe. Para que o processo tenha maior chance de êxito, devem-se retirar as células 2. a

a) do ápice do caule.
b) da zona de pelos absorventes da raiz.
c) do parênquima dos cotilédones.

d) do tecido condutor em estrutura primária.

e) da parede interna do ovário.

3. (Enem-MEC) Caso os cientistas descobrissem alguma substância que impedisse a reprodução de todos os insetos, certamente nos livraríamos de várias doenças em que esses animais são vetores. Em compensação teríamos grandes problemas como a diminuição drástica de plantas que dependem dos insetos para polinização, que é o caso das 3. e

a) algas.

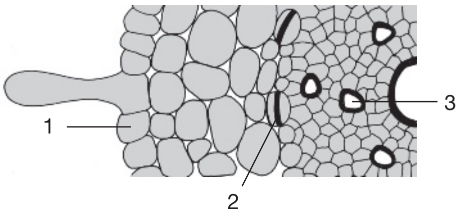
b) briófitas como os musgos.

c) pteridófitas como as samambaias.

d) gimnospermas como os pinheiros.

e) angiospermas como as árvores frutíferas.

4. (Unesp) A figura abaixo representa um setor de corte transversal de uma raiz em estrutura primária. 4. a



ADILSON SECCO

As setas 1, 2 e 3 mostram, respectivamente:

a) epiderme, endoderme, xilema.

b) exoderme, endoderme, floema.

c) córtex, periciclo, xilema.

d) endoderme, exoderme, periciclo.

e) epiderme, endoderme, floema.

5. (Unifor-CE) No desenvolvimento posterior à fecundação das angiospermas, o zigoto, o óvulo e o ovário originam, respectivamente, 5. c

a) fruto, semente e embrião.

b) embrião, fruto e semente.

c) embrião, semente e fruto.

d) semente, fruto e embrião.

e) semente, embrião e fruto.

6. (FGV-SP) Com relação aos tecidos vegetais, pode-se afirmar que 6. d

a) o parênquima é formado por células mortas, portadoras de parede secundária, e ocorre em todos os órgãos vegetais.

b) o colênquima origina-se da protoderme dos meristemas apicais.

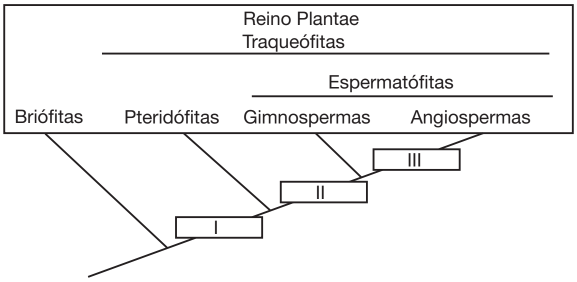
c) o esclerênquima é formado por células vivas, cujas paredes primárias são espessadas por suberina.

d) a epiderme é um tecido de revestimento formado por células vivas e portadoras de paredes primárias, cuja função é proteger o vegetal contra a perda excessiva de água.

e) a periderme é um tecido que aparece em vegetais que apresentam crescimento secundário e origina-se por mitoses do meristema secundário, chamado câmbio interfascicular.

Questões discursivas

7. (Unicamp-SP) O esquema abaixo representa o mais recente sistema de classificação do reino Plantae.



ADILSON SECCO

a) Os algarismos romanos representam a aquisição de estruturas que permitiram a evolução das plantas. Quais são as estruturas representadas por I, II e III? Qual a função da estrutura representada em I?

b) A dupla fecundação é característica das angiospermas. Em que consiste e quais os produtos formados com a dupla fecundação?

8. (UFPA) As angiospermas e gimnospermas são grupos recentes na história evolutiva das plantas, sendo denominadas de espermatófitas, porque produzem sementes. Comparando-se os órgãos reprodutores de ambos, percebem-se algumas características que os diferenciam, por exemplo, a presença ou não de folhas carpelares. Baseando-se nessa característica, diferencie os dois grupos vegetais e explique a importância das folhas carpelares no processo reprodutivo.

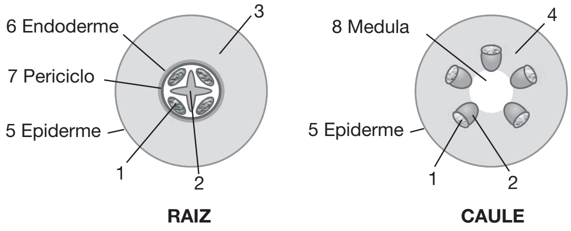
9. (Fuvest-SP) Os esquemas representam cortes transversais de regiões jovens de uma raiz e de um caule de uma planta angiosperma. Alguns tecidos estão identificados por um número e pelo nome, enquanto outros estão indicados apenas por números. Com base nesses esquemas, determine o número correspondente ao tecido

a) responsável pela condução da seiva mineral.

b) responsável pela condução da seiva orgânica.

c) constituído principalmente por células mortas, das quais restaram apenas as paredes celulares.

d) responsável pela formação dos pelos absorventes da raiz.



ADILSON SECCO

Capítulo 6 Fisiologia das plantas

FABIO COLOMBINI

A luz é a fonte de energia para a fotossíntese, processo pelo qual as plantas elaboram substâncias orgânicas que nutrem elas mesmas e os animais que as comem. (Parque Estadual Carlos Botelho, SP, 2010.)

Nossa relação com as plantas

O apreço dos seres humanos por animais de estimação, em especial cães e gatos, é inegável. Além disso, alimentos de origem animal, sobretudo aves, bovinos, suínos e caprinos, são presença constante na dieta da maioria das pessoas.

Entretanto, as plantas não ficam atrás em preferência. Sementes como o arroz e o feijão, legumes, verduras e frutas não podem faltar em nossa alimentação. Além disso, muitos de nós temos ao menos uma planta em casa, em vasos ou no jardim. Sem falar do comércio de flores, que movimenta anualmente cerca de 20 bilhões de dólares pelo mundo, apenas para atender à necessidade estética do ser humano de apreciar o belo ou eventualmente agradar a pessoa amada...

Graças ao estudo dos vegetais e de sua fisiologia, podemos conhecer as incríveis soluções e estratégias adaptativas desses seres vivos. Uma delas, talvez a principal, é o fato de as plantas serem autotróficas, o que significa que elas certamente sobreviveriam sem nós, mas dificilmente nós sobreviveríamos sem elas.

Muitos conhecimentos sobre as plantas vêm sendo aplicados, há séculos, em benefício da humanidade. A evolução das técnicas de adubação e de cultivo, aliadas às técnicas de melhoramento genético, tem sido fundamental para reverter as sombrias previsões de Thomas Malthus, que, no início do século XIX, acreditava que o tamanho da população humana logo excederia sua capacidade de produzir alimentos.

A importância do assunto

Neste capítulo, estudaremos os aspectos fundamentais da fisiologia vegetal, começando pela nutrição orgânica, que envolve a produção de substâncias pela fotossíntese, complementando com alguns aspectos da nutrição mineral. Esses conhecimentos têm tido aplicações práticas, entre elas a hidroponia. No segundo e no terceiro itens, analisaremos o transporte de substâncias no corpo das plantas, realizado pelo xilema e pelo floema. No quarto e último item, focalizaremos os hormônios vegetais, substâncias que regulam o desenvolvimento e são responsáveis por diversas respostas adaptativas das plantas.

O conhecimento sobre os organismos vegetais tem revelado inúmeros aspectos peculiares desses seres vivos, com os quais nossa história está interligada desde sua origem; não é exagero afirmar que, sem as plantas, não estaríamos aqui.

A compreensão de certos fenômenos biológicos tratados no capítulo pode ser facilitada ou implementada pela integração com as disciplinas de Química e de Física. Converse com seus colegas dessas disciplinas sobre as possibilidades de integração em temas como pH de diferentes tipos de solo, capilaridade, espectro das radiações luminosas, entre outros.

6.1 A nutrição das plantas

Nutrição orgânica das plantas: fotossíntese

Todos os seres vivos necessitam de energia para manter seu metabolismo, crescer e se reproduzir. A energia para os processos vitais é proveniente da degradação de moléculas orgânicas de alto potencial energético, como glicídios, lipídios e proteínas. As plantas utilizam como fonte de energia moléculas orgânicas que elas próprias sintetizam por meio da fotossíntese, sendo, portanto, seres autotróficos.

A **fotossíntese** é o processo bioquímico que sustenta a vida na Terra. Por meio dela, plantas, algas e bactérias fotossintetizantes convertem gás carbônico (CO_2) e água (H_2O) em moléculas orgânicas, liberando gás oxigênio (O_2) como subproduto. A energia para essa conversão é proveniente da luz.

Uma molécula essencial à fotossíntese é a **clorofila**, presente em todos os organismos fotossintetizantes. A clorofila absorve energia luminosa, principalmente aquela presente na luz correspondente às cores azul e vermelha do espectro de radiações eletromagnéticas provenientes do Sol. A faixa de luz menos absorvida pela clorofila é a correspondente ao verde, daí a cor desse pigmento fotossintetizante. (Fig. 6.1)

Espectro de absorção de luz pela clorofila

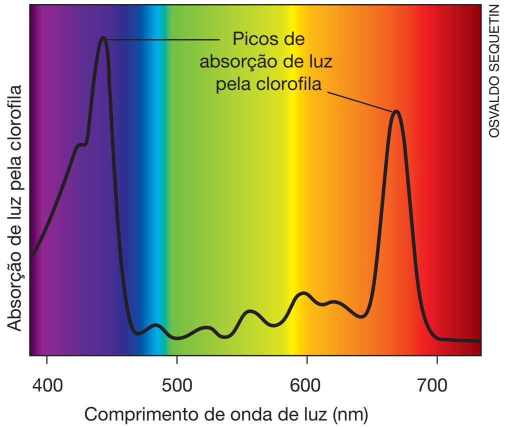


Figura 6.1 Gráfico que representa a curva ou o espectro de absorção de luz pela clorofila e mostra as quantidades relativas de energia absorvida em cada comprimento de onda. (Elaborado com base em Campbell, N. A. e cols., 1999.)

Fatores que afetam a fotossíntese

A fotossíntese é afetada por diversos fatores, entre os quais se destacam a concentração de gás carbônico, a temperatura e a intensidade da luz.

A concentração de gás carbônico no ar atmosférico atualmente oscila entre 0,03% e 0,04%, nível inferior ao que uma planta é capaz de utilizar na fotossíntese. Isso pode ser demonstrado quando uma planta é submetida a concentrações crescentes de gás carbônico, em condições ideais de luminosidade e de temperatura. Nessas condições, a taxa de fotossíntese aumenta à medida que sobe a concentração de CO_2, até cerca de 10 vezes a concentração atmosférica normal; a partir daí, o aumento na concentração de CO_2 não acarreta mais aumento na taxa de fotossíntese. Portanto, no ambiente natural e em condições ideais de luminosidade e de temperatura, a planta só não realiza a taxa máxima de fotossíntese porque não há gás carbônico suficiente na atmosfera. Nesse caso, pode-se dizer que o CO_2 atua como **fator limitante da fotossíntese**.

Plantas mantidas em condições ideais de luminosidade e de concentração de gás carbônico aumentam sua taxa de fotossíntese à medida que aumenta a temperatura ambiental, até cerca de 35 °C. A partir desse limite, o aumento de temperatura causa drástica redução não apenas da fotossíntese, mas também da maioria das reações vitais, uma vez que as enzimas celulares se desnaturam em temperaturas elevadas.

Em condições ideais de temperatura e de concentração de gás carbônico, a taxa de fotossíntese aumenta em função do aumento até certo valor-limite de luminosidade, chamado de **ponto de saturação luminosa**. A eficiência do processo fotossintético varia em função dos comprimentos de onda utilizados, uma vez que a clorofila absorve mais eficientemente luzes azul, violeta e vermelha e praticamente não absorve luz verde. (Fig. 6.2)

ILUSTRAÇÕES: OSVALDO SEQUETIN

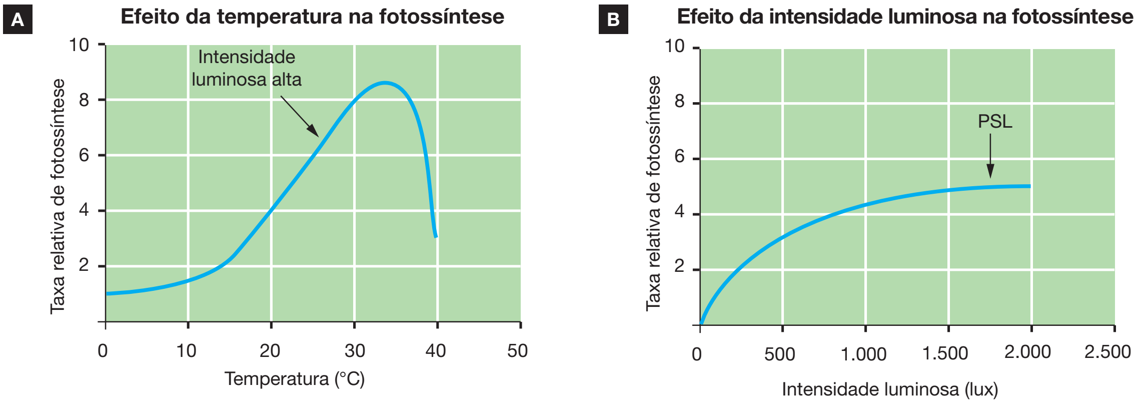


Figura 6.2 A. Gráfico que mostra o efeito do aumento da temperatura sobre a fotossíntese. **B.** Gráfico que mostra o efeito do aumento da intensidade luminosa sobre a fotossíntese. Até o PSL (ponto de saturação luminosa), a intensidade luminosa é um fator limitante da fotossíntese. (Elaborados com base em Campbell, N. A. e cols., 1999.)

Relação entre fotossíntese e respiração

A planta utiliza parte dos produtos da fotossíntese como fonte de energia metabólica, o que se dá por meio da respiração aeróbica que ocorre nas mitocôndrias celulares. Nesse processo, moléculas orgânicas e de gás oxigênio interagem, em uma complexa série de reações, originando gás carbônico e água e liberando energia, que é armazenada na forma de ATP. Note que as equações gerais da fotossíntese e da respiração aeróbica são inversas.

Fotossíntese:

$$\overset{\text{Reagentes}}{\underset{\text{Gás carbônico}}{6\,CO_2} + \underset{\text{Água}}{6\,H_2O}} \xrightarrow[\text{PLANTAS}]{\text{LUZ}} \overset{\text{Produtos}}{\underset{\text{Glicídio}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Gás oxigênio}}{6\,O_2}}$$

Respiração:

$$\underset{\text{Glicídio}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Gás oxigênio}}{6\,O_2} \longrightarrow \underset{\text{Gás carbônico}}{6\,CO_2} + \underset{\text{Água}}{6\,H_2O} + \text{Energia no ATP}$$

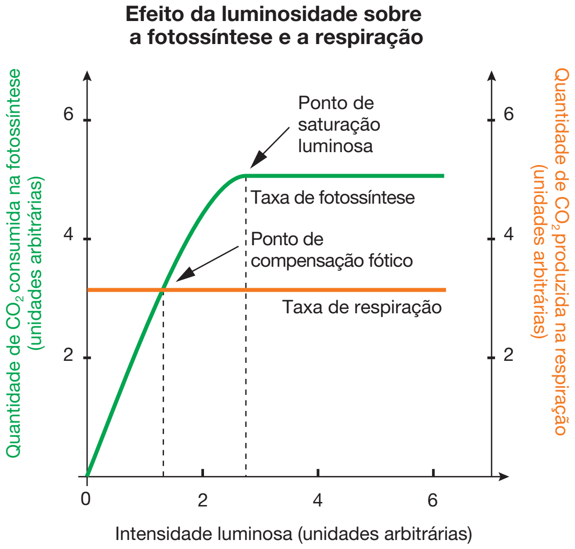
Na presença de luz, a planta faz fotossíntese, consumindo gás carbônico e produzindo gás oxigênio; a maior parte do gás oxigênio produzida é eliminada para a atmosfera através dos estômatos. Ao mesmo tempo que faz fotossíntese, a planta também respira, utilizando, para isso, parte do gás oxigênio produzido na fotossíntese. Ao respirar, a planta libera gás carbônico, que também é utilizado na fotossíntese.

Na ausência de luz, a planta deixa de fazer fotossíntese, mas não de respirar. Uma vez que os estômatos estão fechados, ela utiliza o gás oxigênio acumulado no mesofilo para sua respiração celular. O gás carbônico liberado nesse processo acumula-se no mesofilo e será rapidamente consumido na fotossíntese assim que a planta receber luz.

Sob determinada intensidade luminosa, as taxas de fotossíntese e de respiração se equivalem, e a planta não realiza trocas gasosas com o ambiente: todo o gás oxigênio liberado na fotossíntese é utilizado na respiração e todo o gás carbônico produzido na respiração é utilizado na fotossíntese. A intensidade luminosa em que isso ocorre é chamada de **ponto de compensação fótico** ou **ponto de compensação luminosa**.

Pode-se concluir que, para poder crescer, as plantas precisam receber, pelo menos durante algumas horas do dia, intensidade luminosa superior ao seu ponto de compensação luminosa. Assim, haverá maior taxa de produção de substâncias orgânicas na fotossíntese do que o que é consumido na respiração. Isso permite sobras de matéria orgânica necessárias para o crescimento vegetal. (Fig. 6.3)

O ponto de compensação fótico varia nas diferentes espécies de planta. Espécies com pontos de compensação elevados somente conseguem viver em locais de alta luminosidade, sendo, por isso, denominadas **plantas heliófilas** (do grego *helios*, sol, e *philos*, amigo), ou plantas de sol. Espécies com pontos de compensação fóticos mais baixos necessitam de intensidades menores de luz e podem viver em ambientes sombreados, sendo, por isso, chamadas de **plantas umbrófilas** (do latim *umbra*, sombra) ou plantas de sombra.



ADILSON SECCO

Figura 6.3 Gráfico que mostra o efeito da luminosidade sobre as taxas de fotossíntese e de respiração em uma planta.

Nutrição inorgânica das plantas: macronutrientes e micronutrientes

O gás carbônico obtido do ar e a água retirada do solo fornecem às plantas os elementos básicos para a produção das moléculas orgânicas: carbono, hidrogênio e oxigênio. Entretanto, o organismo vegetal também necessita de diversos outros elementos químicos, essenciais ao funcionamento de suas células, e que são absorvidos do solo, onde se encontram na forma de sais minerais.

Os elementos químicos necessários à planta em quantidades relativamente grandes são chamados **macronutrientes**. Aqueles necessários em quantidades relativamente menores são denominados **micronutrientes**. Se faltar à planta algum elemento químico essencial, ela poderá apresentar sintomas específicos da deficiência. A falta de magnésio, por exemplo, torna as folhas amareladas em decorrência da diminuição na produção de clorofila. (Tab. 6.1)

TABELA 6.1 ELEMENTOS QUÍMICOS ESSENCIAIS ÀS PLANTAS*

Macronutrientes	Micronutrientes
Hidrogênio (H)	Cloro (Cl)
Carbono (C)	Ferro (Fe)
Oxigênio (O)	Boro (B)
Nitrogênio (N)	Manganês (Mn)
Fósforo (P)	Sódio (Na)
Cálcio (Ca)	Zinco (Zn)
Magnésio (Mg)	Cobre (Cu)
Potássio (K)	Níquel (Ni)
Enxofre (S)	Molibdênio (Mo)
Silício (Si)	

* Por ordem de requerimento. (Elaborada com base em Taiz e Zeiger, 2002.)

Ciência e cidadania

Importância da adubação para a agricultura

1 Conhecimentos derivados do senso comum, aliados às novas descobertas científicas, têm possibilitado à humanidade aumentar significativamente a produtividade do solo e das culturas vegetais. Isso permite produzir mais alimentos e com mais qualidade, demandas importantes para as sociedades humanas, que ainda crescem em ritmo acelerado.

Importância da adubação do solo

2 Nos ambientes naturais, a morte e a decomposição dos seres vivos devolvem ao solo os elementos retirados pelas plantas, o que possibilita sua constante reciclagem. Em um campo de cultivo, porém, a situação é diferente, pois as plantas são removidas, inteiras ou em parte, e utilizadas como alimento pelas pessoas ou por animais domésticos. Com isso, o solo vai gradativamente empobrecendo em elementos químicos essenciais. Para que o solo não se "esgote", tornando-se inadequado à agricultura, os elementos perdidos devem ser repostos periodicamente pela adição de substâncias que os contenham. Essa prática é denominada adubação e as substâncias adicionadas, fontes de elementos químicos, são os adubos, que podem ser orgânicos ou inorgânicos.

3 **Adubos orgânicos** são constituídos por restos ou partes de animais ou de plantas, como fezes e sobras de alimentos. À medida que os adubos orgânicos são decompostos pelos microrganismos do solo, eles liberam elementos essenciais ao crescimento das plantas. A adubação orgânica, além de fornecer ao solo elementos essenciais, favorece a retenção de água.

4 Muitos agricultores estimulam a reposição de nitrogênio no solo com o cultivo de plantas leguminosas, que são deixadas para apodrecer no campo; esse processo é conhecido como **adubação verde**. As leguminosas, por viverem em associação com bactérias que fixam nitrogênio diretamente do ar, incorporam quantidades elevadas desse elemento químico.

5 **Adubos inorgânicos** são compostos produzidos de forma industrial e que geralmente contêm sais minerais constituídos de três macroelementos químicos: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). A adubação inorgânica possibilita calcular com precisão as quantidades de cada elemento nutriente que deve ser fornecido à planta. Isso é importante, pois a concentração relativa de cada elemento tem influência no tipo de crescimento. Por exemplo, o fornecimento de nitrogênio estimula um crescimento vegetativo vigoroso, com produção de muitas folhas, em detrimento da formação de estruturas reprodutivas. Assim, é interessante fornecer a quantidade adequada de nitrogênio para uma cultura de alface, por exemplo, cuja parte de interesse é a folha. Em uma cultura de tomates, entretanto, em que o produto de interesse é o fruto, a quantidade de nitrogênio pode ser menor.

FERTILIZANTE
10-10-10
N P K

SOFIA COLOMBINI

Embalagem de adubo industrializado. O valor de N (no caso, 10) é a porcentagem do elemento nitrogênio por massa de fertilizante. Os valores de P e K (também 10, neste caso) representam as quantidades de P_2O_5 e de K_2O, respectivamente.

Importância da adubação para a agricultura

6 A utilização de adubos inorgânicos sem o devido conhecimento das necessidades das plantas e do tipo de solo pode levar a problemas ambientais. A adubação excessiva, por exemplo, pode acarretar a contaminação dos recursos hídricos (lagos, açudes, rios etc.) com minerais que podem causar problemas à saúde humana e aos ecossistemas.

Importância do grau de acidez do solo

7 A eficiência da adubação está diretamente ligada ao grau de acidez do solo, medido na escala de pH. Antes de aplicar os fertilizantes, o agricultor deve conhecer o pH do solo e corrigi-lo, se necessário. Se o solo é muito ácido, pode-se adicionar calcário (formado basicamente de $CaCO_3$) para reduzir a acidez; se o solo é alcalino, a correção pode ser feita pela adição de sulfato de sódio (Na_2SO_4) ou sulfato de magnésio ($MgSO_4$).

8 O pH do solo influencia a capacidade das plantas de absorver determinados elementos químicos. Mesmo que o solo contenha todos os elementos essenciais, uma planta pode não conseguir absorver algum deles se o pH for inadequado. Por exemplo, em um solo com pH 8, a planta consegue absorver cálcio, mas é incapaz de absorver ferro com eficiência.

Importância da irrigação

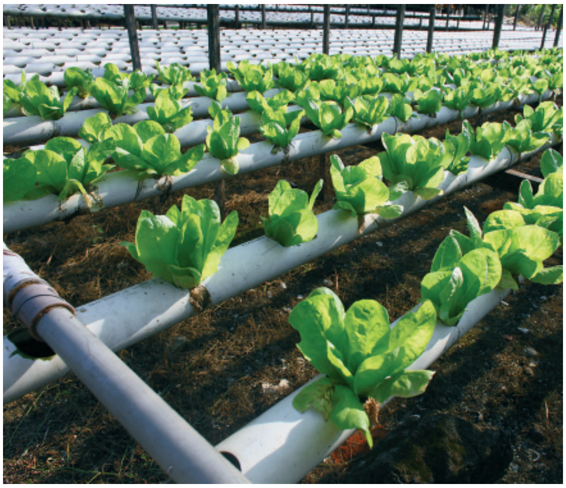
9 Outro fator fundamental para o crescimento das plantas é a disponibilidade de água no solo. Muitas regiões desérticas, apesar de terem solo fértil quanto à composição mineral, são pobres em vegetação porque falta água. Isso é evidente em regiões semidesérticas, que se tornam produtivas quando irrigadas artificialmente. Diversas regiões áridas do Nordeste brasileiro, por exemplo, têm produzido frutas e hortaliças de excelente qualidade graças aos processos de irrigação artificial.

DELFIM MARTINS/PULSAR IMAGENS

Plantação de cebola (*Allium cepa*) irrigada artificialmente em região árida da caatinga (Penaforte, CE, 2010).

Cultivo de plantas sem solo: hidroponia

10 Plantas podem se desenvolver na ausência de solo, desde que suas raízes estejam mergulhadas em uma solução aquosa aerada e com os nutrientes minerais necessários. A aplicação desse conhecimento levou à criação de um interessante método de cultivo, a **hidroponia**, empregado na produção comercial de hortaliças. As plantas são cultivadas em estufas, sem solo, com as raízes mergulhadas em uma solução nutritiva que circula continuamente e as abastece dos nutrientes minerais necessários ao seu desenvolvimento.



FABIO COLOMBINI

Cultivo de alface (*Lactuca sativa*) por hidroponia (Belo Horizonte, MG, 2009).

Guia de leitura

Responda em seu caderno

1 Leia o primeiro parágrafo. O que são “conhecimentos derivados do senso comum”? Se necessário, pesquise sobre o tema.

2 Leia o segundo parágrafo e responda: **a**) Por que o solo de um campo de cultivo empobrece em nutrientes quando comparado a ecossistemas naturais? **b**) Que método é utilizado para evitar que o solo se esgote e se torne impróprio para a agricultura?

3 O terceiro parágrafo refere-se à adubação orgânica. Você já pensou que os restos de alimentos utilizados em sua casa podem ser destinados à produção de adubo orgânico? Como isso poderia ser feito?

4 Leia o quarto parágrafo e responda: em que consiste a adubação verde?

5 O quinto parágrafo refere-se à adubação inorgânica. Quais seriam algumas de suas vantagens? Analise a figura que mostra uma embalagem de adubo e sua respectiva legenda. Com base apenas nas informações do texto e da figura, você poderia concluir que o adubo mostrado na foto seria o mais adequado para uma plantação de alface?

6 O sexto parágrafo aponta possíveis prejuízos ambientais da adubação excessiva. Quais são eles?

7 Leia os parágrafos 7 e 8 e responda: qual é a importância do pH adequado do solo e como se corrigem eventuais desvios?

8 No nono parágrafo, observe a figura que mostra uma plantação com irrigação artificial. Considere as realizações e possibilidades da irrigação artificial no Brasil como tema para uma pesquisa.

9 O décimo e último parágrafo trata da hidroponia. Em que consiste esse método? Compare possíveis vantagens e desvantagens em relação ao cultivo tradicional no solo. Você já viu ou comprou algum produto hidropônico?

6.2 Absorção e condução da seiva mineral

A água e os sais minerais penetram na planta pelas extremidades das raízes, principalmente através dos pelos absorventes. A solução aquosa absorvida pode deslocar-se tanto pelos espaços existentes entre as células, que os botânicos denominam **apoplasto**, como através do citoplasma das células epidérmicas e corticais, que compõem o **simplasto**. O deslocamento pelo apoplasto é barrado apenas nas células endodérmicas, cujas estrias de Caspary impedem a água e os sais dissolvidos de continuar a se deslocar extracelularmente; para penetrar no cilindro vascular, a solução tem necessariamente de atravessar o citoplasma das células endodérmicas. Uma vez no cilindro central, a solução aquosa penetra no xilema e passa a constituir a **seiva mineral** ou **xilemática**. (Fig. 6.4)

JURANDIR RIBEIRO

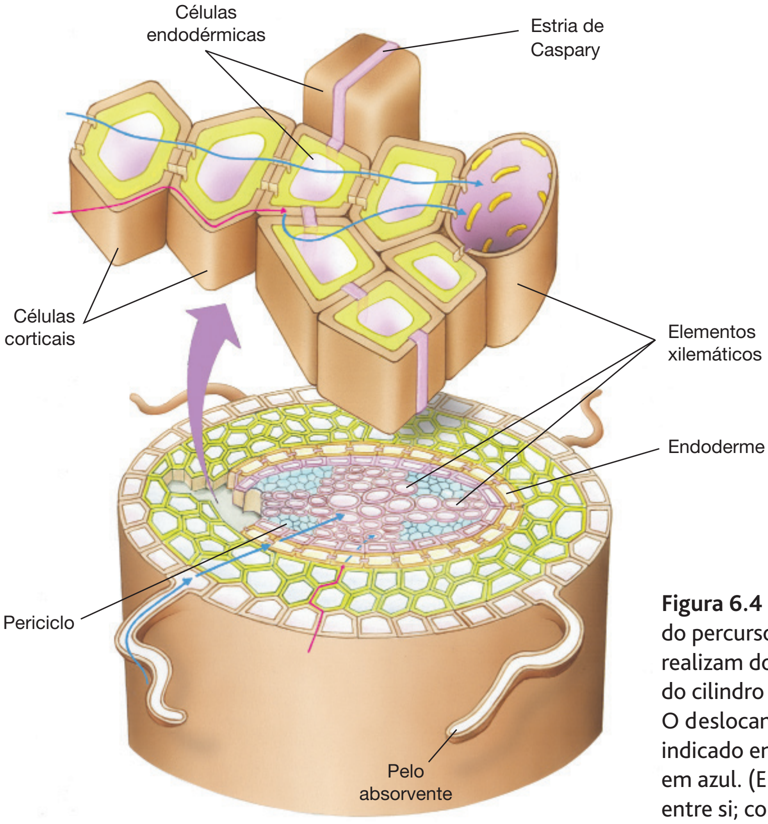


Figura 6.4 Representação esquemática do percurso que a água e os sais minerais realizam do solo até os vasos condutores do cilindro vascular de uma raiz. O deslocamento pelo apoplasto está indicado em vermelho e, pelo simplasto, em azul. (Elementos fora de proporção entre si; cores-fantasia.)

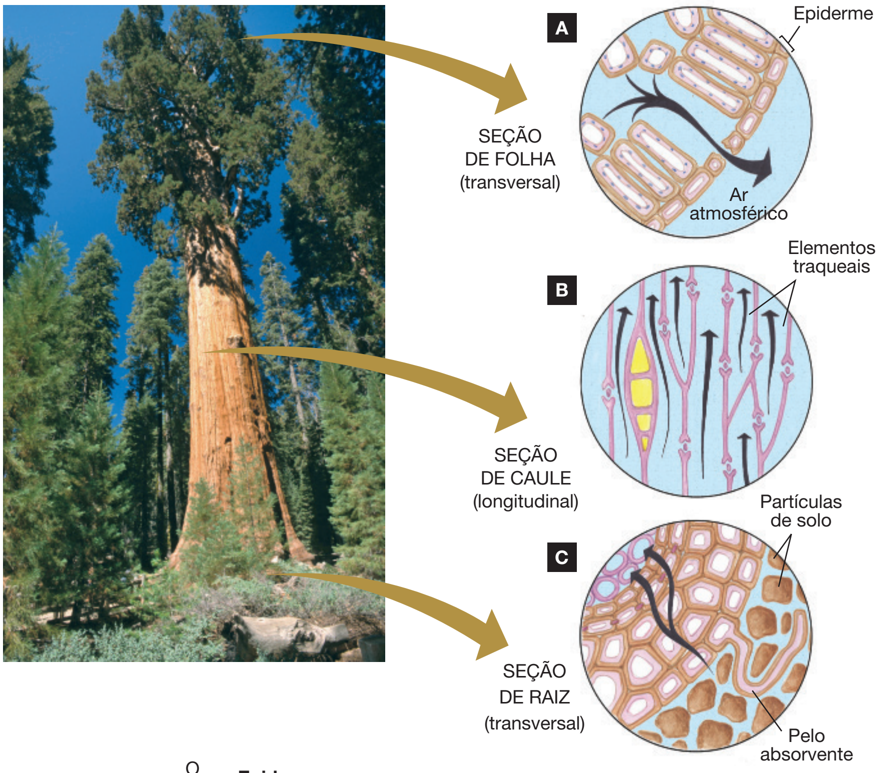
Hipótese da coesão-tensão

O deslocamento da seiva mineral pelo xilema é explicado principalmente pela **hipótese da coesão-tensão** ou hipótese de Dixon. De acordo com essa hipótese, a seiva mineral é arrastada desde as raízes até as folhas por forças geradas pela transpiração foliar.

Transpiração é a perda de água na forma de vapor que ocorre pela superfície corporal de um ser vivo. As células das folhas, ao perder água, têm sua pressão osmótica aumentada e retiram água das células vizinhas. Estas, por sua vez, sugam seiva do xilema e toda a coluna líquida se eleva pelos elementos xilemáticos (vasos lenhosos e traqueídes), desde a raiz até as folhas. Calcula-se que a tensão criada pela transpiração seja suficiente para elevar as colunas de água nos elementos traqueais a cerca de 160 m de altura. (Fig. 6.5)

Nas plantas, a transpiração ocorre principalmente através dos estômatos. Um **estômato** (do grego *stoma*, boca) é formado por duas células epidérmicas principais ricas em cloroplastos, denominadas **células-guarda**. Entre elas existe um orifício regulável – o **ostíolo** (do latim *ostiolu*, pequena porta) – que permite as trocas gasosas entre a planta e o ambiente.

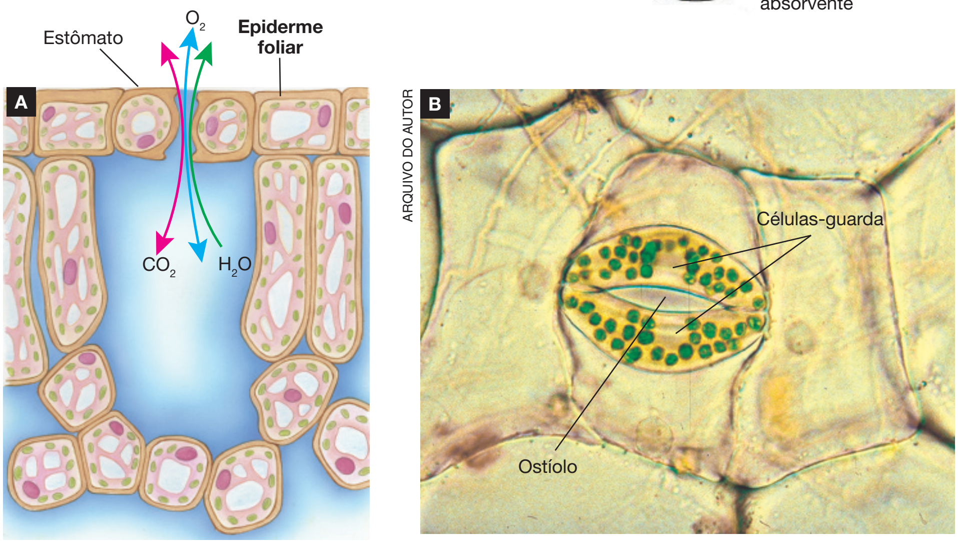
A abertura e o fechamento do estômato dependem do grau de turgidez das células-guarda. Se elas absorvem água e ficam túrgidas, o ostíolo se abre. Se as células-guarda perdem água, tornando-se flácidas, o ostíolo se fecha. Esse comportamento deve-se à disposição estratégica das fibras de celulose na parede das células-guarda. (Fig. 6.6)


A
Epiderme
SEÇÃO DE FOLHA (transversal)
Ar atmosférico
B
Elementos traqueais
SEÇÃO DE CAULE (longitudinal)
C
Partículas de solo
SEÇÃO DE RAIZ (transversal)
Pelo absorvente

R. NORMAN & LEONOR BARRETT/PHOTOSHOT/NEWSCOM/GLOW IMAGES

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Figura 6.5 Representação esquemática dos movimentos da água (em preto) em uma árvore, decorrentes da transpiração. **A.** Ao perder água por transpiração, as folhas criam uma tensão que puxa a seiva dos elementos traqueais. **B.** Com isso, toda a coluna líquida sobe, como se fosse uma corda puxada para cima. **C.** A tensão da coluna chega até as raízes, retirando água de suas células; com isso, elas absorvem água do solo. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) A fotografia mostra uma sequoia da espécie *Sequoiadendron giganteum*, gimnosperma que pode atingir 100 m de altura (Califórnia, EUA, 2015).


Estômato
O_2
Epiderme foliar
A
CO_2
H_2O
B
Células-guarda
Ostíolo

JURANDIR RIBEIRO

ARQUIVO DO AUTOR

Figura 6.6 **A.** Representação de seção transversal de folha que mostra o intercâmbio de gases pelo estômato. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) **B.** Fotomicrografia de estômato de folha de *Microgramma squamulosa*, em vista frontal (Microscópio fotônico; aumento ≈ 1.000×).

Há diversos fatores envolvidos na abertura e no fechamento dos estômatos, entre eles a luminosidade, a concentração de gás carbônico e o suprimento hídrico, isto é, a água disponível no solo para as raízes. (Tab. 6.2)

TABELA 6.2 FATORES ENVOLVIDOS NA ABERTURA E NO FECHAMENTO DOS ESTÔMATOS

Condições ambientais		Comportamento do estômato
Intensidade luminosa	Alta	Abre
	Baixa	Fecha
Concentração de CO_2	Alta	Fecha
	Baixa	Abre
Suprimento de água	Alto	Abre
	Baixo	Fecha

6.3 A condução da seiva orgânica

A solução de substâncias orgânicas produzida originalmente nas folhas por meio da fotossíntese, denominada **seiva orgânica** ou seiva floemática, é distribuída por toda a planta pelo floema. Relembre a estrutura desse tecido condutor no capítulo anterior.

As substâncias orgânicas que alimentam a planta deslocam-se das células onde são produzidas, ou onde estão armazenadas, para as células onde serão utilizadas. O deslocamento da seiva orgânica pelo floema é explicado pela **hipótese do fluxo de massa** ou hipótese do desequilíbrio osmótico.

Segundo essa hipótese, nas regiões de produção ou de armazenamento de substâncias orgânicas (fontes), células especializadas do floema bombeiam ativamente substâncias orgânicas solúveis, principalmente sacarose, para o interior dos elementos floemáticos. Com isso, a pressão osmótica nos vasos floemáticos torna-se maior que nas células adjacentes e eles passam a absorver água. A entrada de água nos elementos floemáticos cria um fluxo que arrasta as moléculas orgânicas em direção a seus destinos, onde elas são ativamente absorvidas e utilizadas pelas células consumidoras (drenos), que são aquelas que não produzem nem armazenam substâncias orgânicas.

A absorção de substâncias orgânicas pelas células consumidoras faz com que a pressão osmótica diminua no interior dos elementos floemáticos próximos, o que mantém o desequilíbrio osmótico e o deslocamento de substâncias orgânicas para as células consumidoras. (Fig. 6.7)

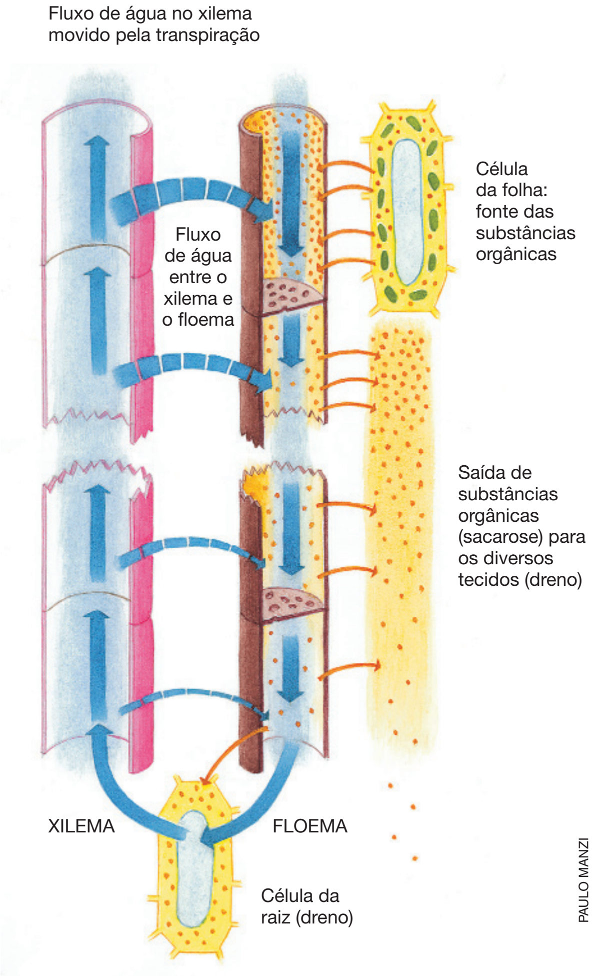

Fluxo de água no xilema movido pela transpiração
Célula da folha: fonte das substâncias orgânicas
Fluxo de água entre o xilema e o floema
Saída de substâncias orgânicas (sacarose) para os diversos tecidos (dreno)
XILEMA
FLOEMA
Célula da raiz (dreno)
PAULO MANZI

Figura 6.7 Representação esquemática da relação entre o deslocamento da seiva xilemática e da seiva floemática em uma planta. As setas indicam o sentido de deslocamento de água e sua quantidade relativa. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

A hipótese do fluxo de massa pode ser ilustrada por meio de um modelo físico simplificado. Suponha que um tubo em forma de letra U tenha suas extremidades conectadas a duas bolsas constituídas por membranas semipermeáveis. A bolsa **A** contém uma solução de sacarose e a **B**, água pura. Quando o conjunto é mergulhado em um recipiente com água pura, a bolsa **A** retira água do recipiente por osmose. A pressão de entrada de água nessa bolsa força o líquido a fluir pelo tubo em direção à bolsa **B**, arrastando consigo moléculas de sacarose.

Nesse modelo, a bolsa **A** com a solução de sacarose representa as células fontes, produtoras ou armazenadoras de substâncias orgânicas. A bolsa **B**, inicialmente com água pura, representa células drenos, consumidoras, como as das raízes, por exemplo. O tubo que liga as bolsas representa os vasos floemáticos.

O fluxo de líquido da bolsa **A** para a **B** se mantém enquanto as concentrações de sacarose nas bolsas forem diferentes, isto é, enquanto existir desequilíbrio osmótico entre a fonte e o dreno. Isso ocorre nas plantas o tempo todo, pois as células consumidoras utilizam continuamente as substâncias orgânicas que chegam até elas, mantendo sua concentração, nessa extremidade do floema, sempre menor que na extremidade em contato com as células produtoras ou armazenadoras. (Fig. 6.8)

SIMONKA

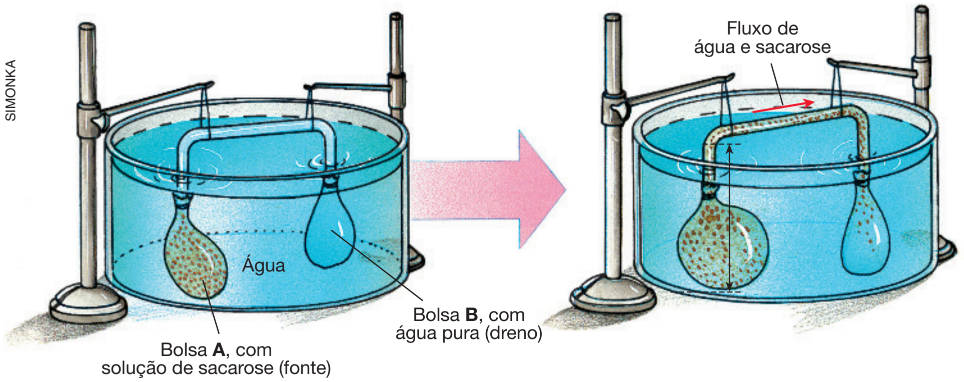


Figura 6.8 Modelo físico da hipótese do fluxo de massa para explicar o deslocamento da seiva orgânica nos elementos condutores do floema. Acompanhe a imagem com as explicações do texto.

Amplie seus conhecimentos

A importância da osmose para as plantas

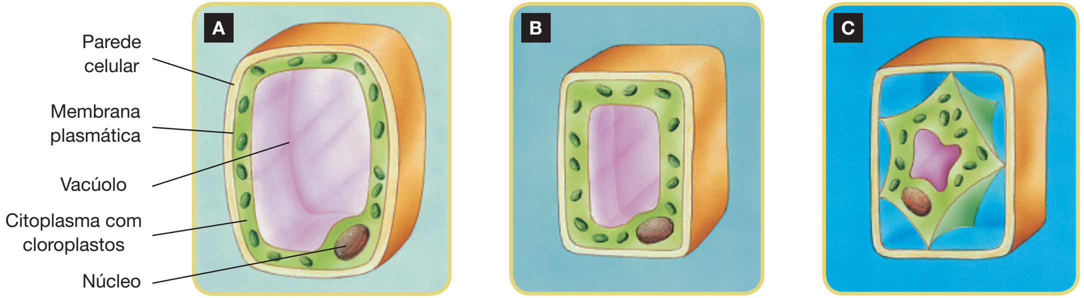
Provavelmente você já notou que a falta de água faz muitas plantas murcharem. Se receberem água a tempo, elas readquirem o aspecto viçoso. Isso ocorre porque boa parte da sustentação corporal das plantas, principalmente de partes jovens, decorre da pressão de líquidos intracelulares, que faz as células se tornarem túrgidas e as paredes enrijecerem. Imagine uma bola de futebol; quanto mais a enchemos de ar, mais “dura” ela fica. Se a pressão interna diminui, o envoltório de couro torna-se flácido e a bola, murcha.

As células vegetais absorvem água por **osmose**, que é a difusão diferencial de água através de uma membrana semipermeável que separa duas soluções com diferentes concentrações de soluto. Na osmose, a passagem de água ocorre em maior quantidade da solução menos concentrada (hipotônica) para a mais concentrada (hipertônica). Se duas soluções têm a mesma concentração de solutos (isotônicas), não há osmose, pois quantidades equivalentes de água passam de uma solução para outra. Assim, a capacidade de uma célula absorver água depende da **pressão osmótica** exercida por suas soluções internas.

Se uma célula vegetal é mergulhada em uma solução hipotônica, isto é, menos concentrada que sua solução interna, ela absorverá água e aumentará de volume, até que a pressão exercida pela parede celular se iguale à pressão osmótica, impedindo que mais água entre. Quando a célula vegetal atinge esse estado de equilíbrio, diz-se que ela está **túrgida**.

Se uma célula vegetal é mergulhada em uma solução hipertônica, isto é, mais concentrada que sua solução interna, ela perde água e seu vacúolo central diminui de volume, fazendo o citoplasma se retrair e a membrana plasmática se descolar parcialmente da parede celular. Esse fenômeno é denominado **plasmólise**.

O potencial osmótico das células vegetais é utilizado em diversas atividades fisiológicas, entre elas a absorção de água pelas raízes e o transporte da seiva mineral e da seiva orgânica, como vimos no item anterior.



ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Representação esquemática de células vegetais colocadas em soluções de diferentes concentrações. **A.** Solução hipotônica; a célula incha. **B.** Solução isotônica; a célula não modifica seu volume. **C.** Solução hipertônica; a célula perde água e a membrana plasmática pode descolar-se da parede celular. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

6.4 Hormônios vegetais e controle do desenvolvimento

Nas plantas, o desenvolvimento é controlado por substâncias orgânicas denominadas **fitormônios** (do grego *horman*, estimular) ou **hormônios vegetais**. Estes são produzidos em determinadas regiões da planta e migram para outros locais onde exercem seus efeitos, que consistem na regulação do desenvolvimento em suas diversas manifestações – crescimento, resposta a estímulos, floração etc.

Os fitormônios atuam em pequenas quantidades e sobre células específicas, denominadas células-alvo do hormônio. Há cinco grupos principais de fitormônios, responsáveis pelo controle da divisão celular, do crescimento celular e da diferenciação das células, entre outras ações. São eles: a) auxinas; b) giberelinas; c) citocininas; d) ácido abscísico; e) etileno. Além desses fitormônios mais conhecidos, recentemente têm sido identificadas outras substâncias com funções reguladoras. (Tab. 6.3)

TABELA 6.3 PRINCIPAIS HORMÔNIOS VEGETAIS

Hormônio	Principais funções	Local de produção	Transporte
Auxina	Estimula o alongamento celular; atua no fototropismo, no geotropismo, na dominância apical e no desenvolvimento dos frutos.	Meristema apical do caule, primórdios foliares, folhas jovens, frutos e sementes em desenvolvimento.	Células do floema e de parênquima associado.
Giberelina	Promove a germinação de sementes e o desenvolvimento de brotos; estimula o alongamento do caule e das folhas, a floração e o desenvolvimento de frutos.	Meristema apical do caule, frutos e sementes em desenvolvimento.	Provavelmente pelo xilema e pelo floema.
Citocinina	Estimula as divisões celulares e o desenvolvimento das gemas; participa da diferenciação dos tecidos e retarda o envelhecimento dos órgãos.	Ápice da raiz, principalmente.	Pelo xilema.
Ácido abscísico	Promove a dormência de gemas e de sementes; induz o envelhecimento de folhas, flores e frutos; induz o fechamento dos estômatos.	Folhas e sementes.	Pelo floema nas folhas e pelo xilema nas raízes.
Etileno	Estimula o amadurecimento de frutos; atua na queda natural das folhas e de frutos.	Diversas partes da planta.	Difusão pelos espaços entre as células.

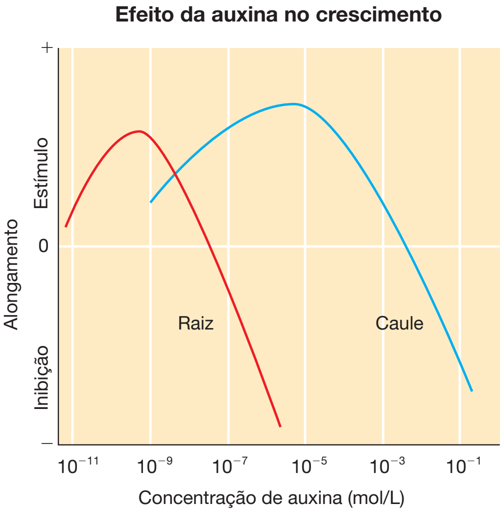


Figura 6.9 Gráfico representando o efeito de diferentes concentrações de auxina sobre o crescimento de raízes e caules. (Elaborado com base em Campbell, N. A. e cols., 2008.)

ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Auxinas

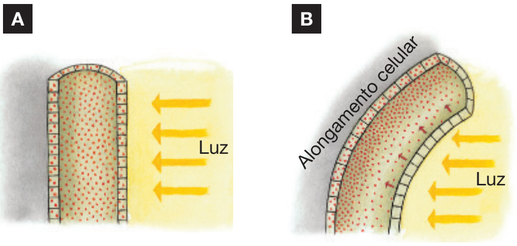
As **auxinas** são um grupo de fitormônios representado principalmente pelo ácido indolilacético (AIA). Essas substâncias, produzidas nos ápices caulinares e em folhas jovens, frutos e sementes em desenvolvimento, deslocam-se ativamente, com gasto de energia, pelas células parenquimáticas que circundam os tecidos vasculares. O deslocamento é polarizado, ou seja, as auxinas deslocam-se sempre dos locais onde são produzidas para as regiões inferiores da planta.

Um dos principais efeitos das auxinas é causar o alongamento de células recém-formadas, promovendo seu crescimento. O efeito depende da concentração desse fitormônio; em concentrações adequadas, as auxinas promovem o crescimento máximo das células; em concentrações excessivas, elas inibem o alongamento celular.

A sensibilidade das células às auxinas varia nas diferentes partes da planta; o caule, por exemplo, é menos sensível a esse fitormônio que a raiz. Por isso, uma concentração de auxina que induz um crescimento “ótimo” do caule terá efeito fortemente inibidor sobre o crescimento da raiz. Por outro lado, concentrações de auxina ótimas para o crescimento da raiz serão insuficientes para produzir efeitos no caule. (Fig. 6.9)

As auxinas estão envolvidas na resposta adaptativa do caule de crescer em direção à fonte luminosa, fenômeno denominado **fototropismo** positivo. Quando uma planta é iluminada mais intensamente de um lado, as auxinas migram para o lado oposto, menos iluminado, o que faz as células desse lado se alongarem mais, curvando o caule em direção à fonte luminosa. É dessa maneira que as auxinas controlam a resposta adaptativa caulinar de crescer em direção à luz. (Fig. 6.10)

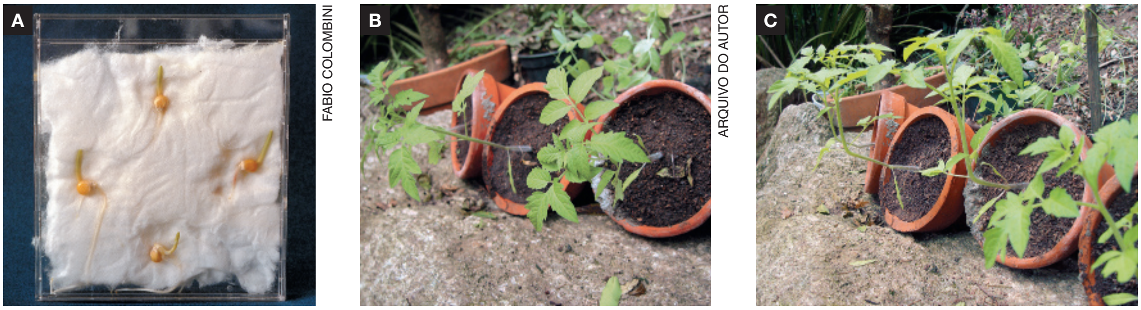
As auxinas também são responsáveis pelo **gravitropismo**, ou geotropismo negativo, exibido pelos caules, a resposta adaptativa que os faz crescer em sentido oposto ao da força da gravidade. Quando o caule é colocado em posição horizontal, as auxinas produzidas pela gema apical migram para o lado voltado para o solo. Assim, as células desse lado se alongam mais que as do lado oposto, curvando o caule para cima.



ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Figura 6.10 A. Representação esquemática de um caule iluminado lateralmente. **B.** Graças ao deslocamento de auxina para o lado não iluminado, este apresenta maior alongamento celular e a planta se curva em direção à fonte de luz. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

As raízes, ao contrário dos caules, têm gravitropismo positivo, crescendo no sentido da força da gravidade. Quando as auxinas migram para o lado voltado para o centro gravitacional da Terra, ocorre inibição do alongamento celular e não estimulação, como no caule. Com isso, as células do lado oposto ao da concentração do hormônio se alongam mais e a raiz curva-se para baixo. (Fig. 6.11)



FABIO COLOMBINI

ARQUIVO DO AUTOR

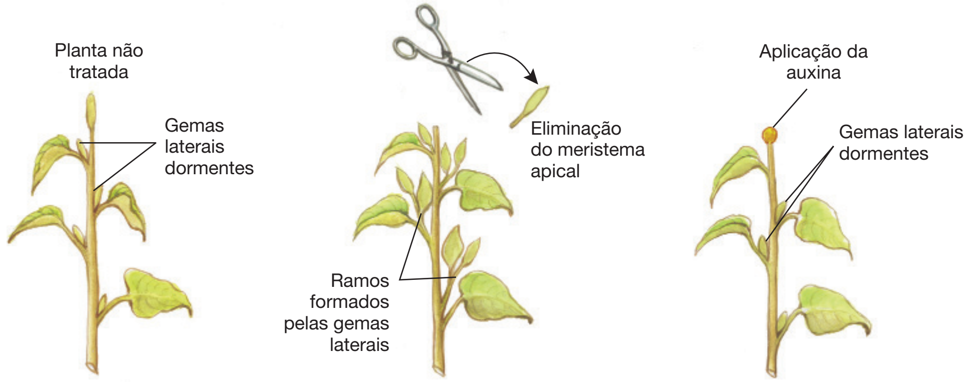
ARQUIVO DO AUTOR

Figura 6.11 A. Experimento que mostra o gravitropismo negativo do caule e positivo da raiz, em plantas recém-germinadas de milho (*Zea mays*); independentemente da posição da semente, o caule sempre cresce para cima e a raiz, para baixo. **B.** Plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) fotografadas no momento em que os vasos foram colocados em posição horizontal. **C.** As mesmas plantas um dia depois; note o dobramento do caule em sentido oposto ao da gravidade.

Dominância apical e outros efeitos das auxinas

As auxinas produzidas na gema apical do caule exercem forte inibição sobre as gemas laterais, mantendo-as em estado de dormência. Essa inibição, conhecida como **dominância apical**, é interrompida quando se elimina a gema apical de um ramo. Com isso, as gemas laterais localizadas nas axilas das folhas entram em desenvolvimento, produzindo ramos laterais.

Se eliminarmos o meristema apical e aplicarmos auxina na região cortada, o desenvolvimento das gemas laterais não ocorre, demonstrando que esse hormônio é mesmo o responsável pela inibição. A técnica de **poda**, usada em jardinagem, consiste em eliminar os meristemas apicais dos ramos para estimular a formação de ramos laterais. (Fig. 6.12)



ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Figura 6.12 Representação esquemática do efeito inibidor da auxina sobre o desenvolvimento das gemas laterais. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

As auxinas também participam da formação dos frutos. Sementes em desenvolvimento liberam auxinas, as quais atuam sobre a parede do ovário e levam ao desenvolvimento do fruto. Por isso, na maioria das espécies vegetais, se não ocorre a fecundação, as sementes não se formam e o fruto não se desenvolve.

A aplicação de auxinas sobre o ovário de certas plantas permite o desenvolvimento do fruto sem fecundação. Essa técnica tem sido utilizada para a produção de frutos sem sementes, de maior valor comercial. Há frutos partenocárpicos naturais, como a banana, o limão-taiti e a laranja-baía, que se formam sem a aplicação de auxinas. Nesses casos, células do ovário já produzem hormônios em quantidade suficiente para estimular o desenvolvimento do fruto, mesmo sem a formação de sementes.

A queda natural de folhas, flores e frutos, fenômeno conhecido como **abscisão**, também está relacionada com as auxinas. Ao envelhecer, folhas, flores e frutos produzem menos auxinas, cuja presença é necessária para evitar a queda.

Giberelinas

As **giberelinas** são produzidas no meristema apical do caule, nas sementes em desenvolvimento e nos frutos, sendo transportadas provavelmente pelo xilema e pelo floema. Um de seus principais efeitos é promover o crescimento de caule e de folhas, estimulando tanto as divisões quanto o alongamento celular. Algumas variedades de plantas têm baixa estatura – variedades anãs – por não produzirem giberelina em quantidade suficiente para promover o mesmo crescimento do caule presente nas variedades “normais”.

Ao iniciar o desenvolvimento, o embrião vegetal libera giberelinas, que se difundem para todos os tecidos da semente, estimulando a síntese de enzimas hidrolíticas; estas degradam moléculas orgânicas armazenadas no endosperma e nos cotilédones. Os produtos dessa degradação, principalmente açúcares e aminoácidos, são absorvidos pelas células do embrião e utilizados como matéria-prima para o crescimento.

As giberelinas, assim como as auxinas, levam ao desenvolvimento de frutos partenocárpicos. Em algumas espécies, como tangerinas e uvas, em que a auxina é ineficaz para induzir a produção de frutos sem sementes, a aplicação de giberelinas produz esse efeito.

Citocininas

Citocininas são fitormônios que atuam em associação com as auxinas, estimulando a divisão celular. Elas estão presentes em locais da planta onde há grande proliferação celular, como sementes em germinação, frutos, folhas em desenvolvimento e pontas de raízes. Esses fitormônios são produzidos principalmente no ápice da raiz e seu transporte ocorre pelo xilema.

As citocininas atuam em associação com as auxinas no controle da dominância apical, com efeitos antagônicos; enquanto as auxinas inibem o desenvolvimento das gemas laterais, as citocininas provenientes das raízes estimulam as gemas a se desenvolver. Quando a gema apical é removida, a ação das auxinas cessa e a ação das citocininas sobressai, induzindo o desenvolvimento das gemas laterais.

Outro curioso efeito das citocininas é retardar o envelhecimento da planta. As plantas se mantêm vivas por mais tempo quando se adicionam citocininas à água de vasos ou se pulverizam as flores com solução contendo esses fitormônios.

Ácido abscísico e etileno

O **ácido abscísico** (ABA) é responsável pela interrupção do crescimento das plantas no inverno, atuando também quando a planta é submetida a situações adversas, como falta de água, por exemplo. Nessas condições, as raízes da planta aumentam a síntese de ABA que, pelo xilema, chega até as folhas. A presença desse fitormônio leva as células-guarda dos estômatos a eliminar potássio e a perder água, fechando o ostíolo.

Outro efeito do ácido abscísico é causar a dormência de sementes, o que impede sua germinação prematura. Embriões de milho geneticamente incapazes de produzir ácido abscísico não apresentam dormência, germinando ainda na espiga. Em regiões áridas, as sementes de muitas plantas só germinam depois de lavadas pela água da chuva, que remove o excesso de ácido abscísico nelas presente.

O **etileno** (C_2H_4) é uma substância gasosa produzida em diversas partes da planta e que provavelmente se distribui por difusão pelos espaços intercelulares. Seu principal efeito é induzir o amadurecimento dos frutos. Por isso, é utilizado no comércio de frutas.

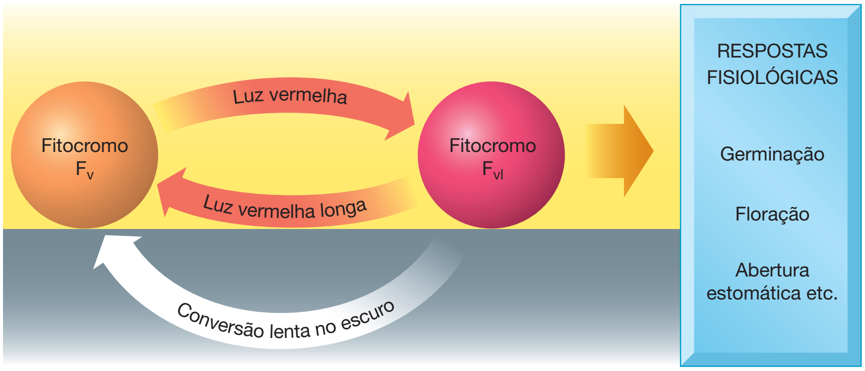
Outro efeito do etileno é participar da abscisão das folhas, junto com as auxinas. Nas regiões de clima temperado, a concentração de auxina nas folhas de certas plantas diminui no outono; isso leva à produção do etileno, responsável direto pela queda das folhas.

6.5 Fitocromos e desenvolvimento

Uma classe de substância importante no desenvolvimento das plantas é o **fitocromo**, proteína que permite às células vegetais responderem a estímulos luminosos.

A molécula de fitocromo pode assumir duas formas interconversíveis, chamadas **F_v** (fitocromo vermelho) e **F_{vl}** (fitocromo vermelho longo). O fitocromo F_v, também conhecido como **P_r** (do inglês ***p**hytochrome **r**ed*), transforma-se em fitocromo F_{vl}, também conhecido por P_{fr} (do inglês ***p**hytochrome **f**ar **r**ed*), ao absorver luz vermelha de comprimento de onda na faixa de 660 nm. O fitocromo F_{vl}, por sua vez, transforma-se em fitocromo F_v na escuridão ou se absorver luz vermelha de comprimento de onda mais longo, na faixa de 730 nm (vermelho de onda mais longa).

Como a luz solar contém comprimentos de onda correspondentes tanto ao vermelho quanto ao vermelho longo, durante o dia as plantas apresentam as duas formas de fitocromos, com certa predominância de fitocromo F_{vl}. À noite, o fitocromo F_{vl} converte-se em fitocromo F_v. Dependendo da duração do período de escuridão, essa conversão pode ser total, de forma que a planta, ao fim de uma longa noite de inverno, pode apresentar apenas fitocromo F_v. (Fig. 6.13)



SIMONKA

Figura 6.13 Representação esquemática dos fatores que afetam a conversão da forma inativa do fitocromo (F_v) para a forma ativa (F_{vl}) e vice-versa.

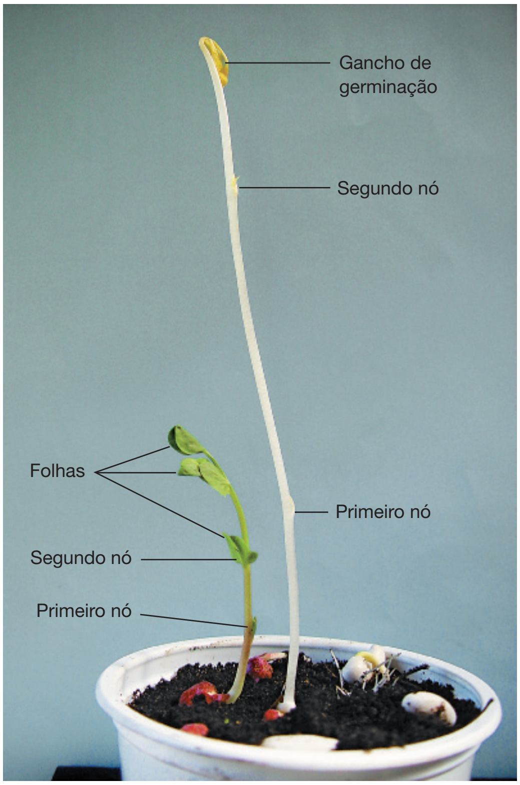
Luz e germinação de sementes

Os fitocromos estão envolvidos em diversos processos fisiológicos, como a germinação de sementes de certas espécies de planta que só ocorre com estímulo luminoso. A dependência da luz para a germinação é uma característica adaptativa de sementes pequenas, como as de alface, por exemplo. Como essas sementes não têm muitas reservas nutritivas, é conveniente que elas germinem perto da superfície do solo, iniciando o mais rápido possível a produção de seu próprio alimento.

O efeito da luz sobre a germinação é denominado **fotoblastismo** (do grego *photos*, luz, e *blástos*, broto). Sementes que necessitam de estímulos luminosos para germinar são chamadas de **fotoblásticas positivas**; as que não necessitam de tais estímulos são denominadas **fotoblásticas negativas**. Sementes fotoblásticas positivas precisam de estímulos luminosos porque, nelas, o processo de germinação é induzido pelo fitocromo F_{vl}, que se forma durante o período de exposição à luz.

As sementes da maioria das espécies vegetais são fotoblásticas negativas, germinando mesmo quando enterradas profundamente no solo. Nesses casos, o eixo epicótilo-hipocótilo alonga-se rapidamente e a jovem planta emerge do solo como um cotovelo denominado gancho de germinação (relembre no capítulo anterior).

ARQUIVO DO AUTOR



Luz e estiolamento

O crescimento na ausência de luz, enquanto a planta jovem ainda está enterrada no solo, é chamado de **estiolamento**. Trata-se de um processo adaptativo que faz a planta atingir logo a superfície; a manutenção do gancho de germinação, na ausência de luz, evita o contato direto da gema apical e das primeiras folhas com as partículas de solo, o que poderia acarretar danos às frágeis estruturas da planta jovem.

O estiolamento pode ser observado colocando-se sementes para germinar sobre um substrato úmido (solo, algodão, papel absorvente etc.) no claro e na escuridão. Plantas que se desenvolvem no escuro apresentam caule alongado, folhas pequenas, gancho pronunciado e cor amarelada, uma vez que os plastos não produzem clorofila na ausência de luz. Esse conjunto de características, típico do estiolamento, deve-se à ausência de fitocromo F_{vl}. (Fig. 6.14)

Figura 6.14 À esquerda, planta de ervilha (*Pisum sativum*) germinada em condições naturais, replantada ao lado de uma planta de mesma idade germinada na ausência de luz (à direita).

Luz e floração

A floração de diversas espécies de planta ocorre em épocas específicas do ano. É comum ouvirmos dizer que tal planta floresce em agosto, outra em outubro e assim por diante. Mas o que faz as plantas florescerem em épocas determinadas?

Diversas espécies de plantas têm sua floração regulada pelo **fotoperiodismo**, ou seja, pela relação entre os períodos iluminados e de escuridão no ciclo de 24 horas. Quanto ao comportamento de floração, as plantas podem ser classificadas em três tipos básicos: plantas de dia curto, plantas de dia longo e plantas neutras.

Plantas de dia curto são as que florescem quando a duração do período iluminado diário é inferior a determinado número de horas; esse valor de horas limite para a floração, que varia de acordo com a espécie, é denominado **fotoperíodo crítico**. Em geral, essas plantas florescem no início da primavera ou do outono. Exemplos de plantas de dia curto são o morango e o crisântemo.

Plantas de dia longo florescem quando a duração do período iluminado diário é superior ao fotoperíodo crítico. Em geral, essas plantas florescem no verão. Alguns exemplos são a íris, a alface e o espinafre.

Não é a duração absoluta do período iluminado que importa, mas se ele é maior ou menor que determinado valor, que é o fotoperíodo crítico para a espécie de planta considerada. Por exemplo, a erva-touro (*Xanthium strumarium*) é uma planta de dia curto e o espinafre (*Spinacia oleracea*) é uma planta de dia longo, mas ambas florescem se expostas a períodos de iluminação diários de 14 horas. A erva-touro é classificada como de dia curto porque floresce quando o período de iluminação diário é igual ou inferior a 16 horas, seu fotoperíodo crítico. O espinafre é considerado uma planta de dia longo porque floresce quando submetido a um período de iluminação diário igual ou superior a 12 horas, seu fotoperíodo crítico.

Plantas neutras são aquelas cuja floração independe do fotoperíodo. Nesse caso, a floração ocorre em resposta a outros tipos de estímulo, como um período de frio, de chuva ou de calor. O tomate, o dentálio e o feijão-de-corda são exemplos de plantas neutras.

Controle de fotoperiodismo pelo fitocromo

Nas plantas de dia curto, o fitocromo F_{vl} atua como inibidor da floração. Por isso, elas florescem apenas nas estações do ano em que as noites são longas. Durante o período prolongado de escuridão, todo fitocromo F_{vl} se converte espontaneamente em fitocromo F_{v}, deixando de inibir a floração.

Nas plantas de dia longo, o fitocromo F_{vl} atua como indutor da floração e elas só florescem se os períodos de escuridão forem curtos, de modo que não haja conversão total de fitocromo F_{vl} em fitocromo F_v. Na época do ano em que as noites são longas, as plantas de dia longo não florescem, porque todo o fitocromo F_{vl} é convertido em fitocromo F_v, o qual não induz a floração. (Fig. 6.15)

Outros fatores também podem determinar a floração de plantas que respondem ao fotoperiodismo. Por exemplo, o trigo de inverno, uma planta de dia curto, não florescerá mesmo com o fotoperíodo apropriado, a menos que a planta fique exposta por várias semanas a temperaturas inferiores a 10 °C. Essa necessidade de frio para florescer, ou para uma semente germinar – chamada de **vernalização** –, é comum em plantas de clima temperado. Se, após a vernalização, o trigo de inverno é submetido a fotoperíodos indutores menores que o fotoperíodo crítico, ele floresce.

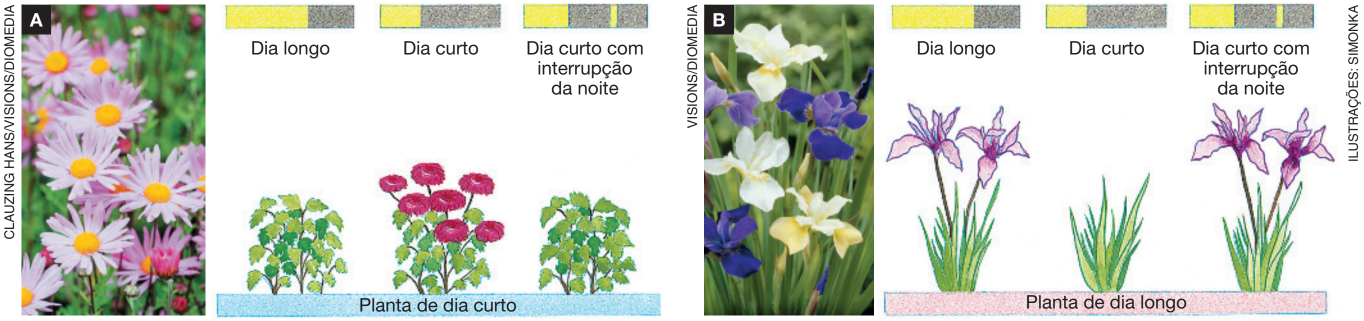


Figura 6.15 Influência da luz na floração de plantas. **A.** Plantas de dia curto (noite longa), como o crisântemo (*Dendranthema rubellum*), que podem chegar a 75 cm de altura, florescem quando o período de escuridão é **superior** a determinado valor-limite. Se um único lampejo de luz interrompe o período de escuridão, a floração é inibida. **B.** Plantas de dia longo (noite curta), como a íris da espécie *Iris sibirica*, que podem chegar a 120 cm de altura, florescem apenas se a duração do período escuro é **inferior** a um valor-limite. Basta um único lampejo de luz durante o período de escuridão para a planta florescer.

ATIVIDADES

Revendo conceitos, fatos e processos

Registre em seu caderno

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 1 a 6.

a) macronutriente
b) micronutriente
c) ponto de compensação fótico
d) ponto de saturação luminosa
e) seiva mineral
f) seiva orgânica

1. O(A) (▬) é um valor de intensidade luminosa em que todo o gás oxigênio produzido na fotossíntese é utilizado na respiração e todo o gás carbônico produzido na respiração é utilizado na fotossíntese. 1. c

2. O(A) (▬) é um elemento químico de que a planta necessita em quantidades relativamentes grandes. 2. a

3. A solução de substâncias orgânicas transportadas pelo floema constitui o(a) (▬). 3. f

4. O valor de intensidade luminosa acima do qual a atividade fotossintética se mantém constante é chamado (▬). 4. d

5. Um elemento químico de que a planta necessita em quantidades relativamente pequenas é um(a) (▬). 5. b

6. (▬) é uma solução de água e de sais minerais transportada pelo xilema. 6. e

7. As moléculas orgânicas de que uma planta necessita para formar os componentes de suas células são 7. c

a) retiradas diretamente do solo junto com a água e os sais minerais.
b) produzidas pela própria planta a partir de moléculas orgânicas retiradas do solo.
c) produzidas pela própria planta a partir de substâncias inorgânicas retiradas do solo e do ar.
d) produzidas pela própria planta a partir de moléculas inorgânicas e orgânicas retiradas do solo e do ar.

8. Os estômatos abrem-se, permitindo a livre passagem de gases e de vapor-d'água, quando as células estomáticas 8. a

a) absorvem água e ficam túrgidas.
b) absorvem água e ficam flácidas.
c) perdem água e ficam túrgidas.
d) perdem água e ficam flácidas.

9. Suponha um ambiente cuja luminosidade seja intermediária entre os valores correspondentes aos pontos de compensação fótico de uma planta de sombra e de uma planta de sol. Se as duas plantas forem mantidas nesse ambiente, pode-se prever que 9. c

a) ambas crescerão bem.

b) a planta de sol crescerá bem, mas a planta de sombra será prejudicada.

c) a planta de sombra crescerá bem, mas a planta de sol será prejudicada.

d) ambas serão prejudicadas.

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 10 a 12.

a) ácido abscísico	**c)** citocinina
b) auxina	**d)** etileno

10. Um agricultor interessado em obter frutos sem semente deveria pulverizar (▬) sobre as flores. 10. b

11. Um comerciante interessado em estimular o amadurecimento de frutos deveria tratá-los com (▬). 11. d

12. Um biólogo interessado em estimular a multiplicação de células vegetais em cultura de tecidos deve tratar as células com (▬). 12. c

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 13 a 16.

a) planta de dia curto

b) planta de dia longo

c) planta neutra

13. Uma planta que, para florescer, requer períodos de escuridão iguais ou maiores que 8 horas é uma (▬). 13. a

14. Uma planta que não floresce quando submetida a períodos de escuridão maiores que 8 horas é uma (▬). 14. b

15. Uma planta que só floresce em fotoperíodos com períodos de escuridão de, no mínimo, 16 horas é uma (▬). 15. a

16. Uma planta que não responde ao fotoperíodo é uma (▬). 16. c

Questões para exercitar o pensamento

Registre em seu caderno

17. No século XVII, o médico e fisiologista flamengo Jan Baptista van Helmont (1577-1644) realizou o seguinte experimento: em um vaso, ele colocou 190 kg de terra bem seca, molhando-a em seguida, e nela plantou uma estaca de salgueiro com 2,25 kg.

Colocando uma tampa sobre o vaso, ele impediu que a poeira do ar se depositasse sobre o vaso, que foi regado diariamente, durante cinco anos. Depois desse tempo, a estaca havia se transformado em um arbusto com 76 kg e a terra do vaso, depois de seca, pesou 189,94 kg. Van Helmont concluiu que o aumento de massa da planta se devia quase totalmente à água e que os constituintes do salgueiro, embora diferentes da água, tinham sua origem nela.

a) Com base no que se sabe atualmente sobre a fisiologia das plantas, como podemos explicar os resultados obtidos por Van Helmont?

b) Como se pode explicar o desaparecimento de 60 g da terra original?

18. Duas plantas da mesma espécie são submetidas às seguintes situações: a) ambiente bem iluminado e, a partir de determinado momento, o suprimento de água no solo torna-se insuficiente; b) ambiente de solo bem irrigado com suprimento de água abundante e, a partir de determinado momento, começa a anoitecer. Qual é o comportamento esperado dos estômatos nessas duas situações? Explique por que ocorrem tais comportamentos e qual é a importância deles para a planta.

19. O fotoperíodo crítico da aveia é de 9 horas.

a) Com apenas essa informação, pode-se saber se essa planta é de dia longo ou de dia curto? Justifique sua resposta.

b) Plantas de aveia em regime de 7 horas de luminosidade seguidas por 17 horas de escuridão não florescem. Com base nessa nova informação, é possível classificar essas plantas quanto ao fotoperiodismo? Justifique sua resposta.

Faça você mesmo!

Registre em seu caderno

20. **Atividade prática: Observando o geotropismo do caule e da raiz**

Esta atividade permite uma demonstração das reações de caules e raízes à gravidade terrestre, comportamento conhecido como geotropismo (ou gravitropismo), estudado neste capítulo.

Material

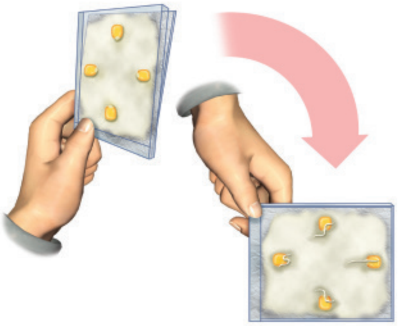
- algodão;
- 2 caixas de plástico transparente retangulares (como as usadas para guardar CDs);
- grãos de milho;
- água;
- papel-alumínio;
- termômetro ambiental (opcional).

Procedimento

1. Umedeça o algodão e distribua-o entre as duas caixas de plástico transparente retangulares. Sobre o algodão de cada caixa coloque quatro grãos de milho, um em cada lado, com as pontas voltadas para o centro (veja a ilustração adiante). A quantidade de algodão deve ser suficiente para que as sementes permaneçam fixas quando a caixa for fechada e

apoiada sobre um dos lados. Feche as caixas e embrulhe-as em papel-alumínio para evitar a interferência da luz sobre o crescimento das raízes. Ponha as caixas “em pé” sobre um dos lados e marque-o em cada caixa (por exemplo, ↓ Este lado para baixo).

2. Mantenha as caixas nessa posição por quatro dias, quando as raízes devem ter atingido cerca de 3 cm de comprimento, e os caules, cerca de 1 cm. Desembrulhe e observe uma das caixas. Confira as medidas da raiz e do caule; se possível, anote a temperatura local, pois esta pode afetar o desenvolvimento. Como você deve ter percebido, a ideia é orientar as sementes que germinam em quatro posições diferentes em cada caixa.
3. Depois de observar a primeira caixa, embrulhe-a novamente e coloque-a de pé, girando-a noventa graus; mantenha a outra caixa na posição original. Depois de dois dias, desembrulhe as caixas e compare os resultados.


PAULO MANZI

a) Independentemente da posição original dos grãos, raízes e caules crescem sempre do “seu jeito”? Que jeito é esse, traduzindo para a linguagem científica?
b) O que se pode dizer sobre o comportamento geotrópico da raiz? E do caule? Qual hormônio vegetal tem relação com isso?
c) Qual seria a explicação de valor adaptativo para esses comportamentos diferentes de caules e raízes?

A Biologia no vestibular e no Enem

Registre em seu caderno

Questões objetivas

1. (UFPE) Existem fatores que interferem na taxa de fotossíntese de uma planta. A esse propósito, analise os itens mencionados a seguir.
   1. Intensidade de energia luminosa.
   2. Concentração de gás carbônico.
   3. Temperatura.
   4. Concentração de oxigênio.

   Interferem na taxa fotossintética: 1. b
   - a) 1, 2, 3 e 4.
   - b) 1, 2 e 3 apenas.
   - c) 2 e 3 apenas.
   - d) 3 e 4 apenas.
   - e) 1 e 2 apenas.

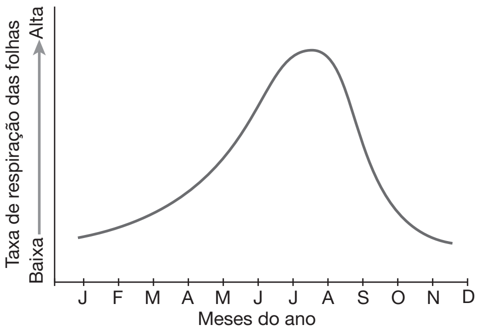
2. (Uece) Em jardinagem o hábito de podar plantas promove o aparecimento de ramos, flores e frutos em virtude do desenvolvimento de gemas laterais. 2. c Este processo está relacionado ao fenômeno de
   - a) dormência, controlado pelo ácido abscísico.
   - b) abscisão, controlado pelas giberelinas.
   - c) dominância apical, controlado pelas auxinas.
   - d) dominância apical, controlado pelas giberelinas.

3. (UFMA) Uma planta que tem fotoperíodo crítico de 10 horas e floresce quando submetida a 8 horas de luz é considerada 3. b
   - a) de dia longo.
   - b) de dia curto.
   - c) indiferente à luz.
   - d) tanto de dia longo quanto de dia curto.
   - e) indiferente ao tempo de exposição à luz.

4. (UEMS) Conjunto de células que apresentam um orifício central (ostíolo), que existe na epiderme de alguns órgãos verdes dos vegetais (principalmente nas folhas) e que tem função de regular as trocas gasosas da planta com a atmosfera: 4. e
   - a) Pecíolo.
   - b) Mesófilo.
   - c) Tricoma.
   - d) Estroma.
   - e) Estômatos.

Questões discursivas

5. (UFRJ) O gráfico a seguir mostra a variação da taxa de respiração das folhas de uma árvore ao longo do ano.



ADILSON SECCO

Determine se essa planta está no Hemisfério Norte ou no Hemisfério Sul. Justifique sua resposta.

6. (Unicamp-SP) A transpiração é importante para o vegetal por auxiliar no movimento de ascensão da água através do caule. A transpiração nas folhas cria uma força de sucção sobre a coluna contínua de água do xilema: à medida que esta se eleva, mais água é fornecida à planta.
   - a) Indique a estrutura que permite a transpiração na folha e a que permite a entrada de água na raiz.
   - b) Mencione duas maneiras pelas quais as plantas evitam a transpiração.
   - c) Se a transpiração é importante, por que a planta apresenta mecanismos para evitá-la?

MÓDULO 3

O reino dos animais

Conheça os capítulos deste módulo

Por volta de 600 milhões de anos atrás, a vida na Terra se recuperava de uma severa era glacial, ocorrida entre 850 Ma e 630 Ma. Com o degelo dos oceanos, as condições tornaram-se favoráveis para que a vida animal pudesse "explodir" em diversidade. Em um período relativamente curto para os padrões do tempo geológico, surgiram praticamente todos os grupos animais existentes atualmente, além de muitos outros que se extinguiram, no que os cientistas chamam de "explosão cambriana".

Neste módulo, vamos estudar a Zoologia, denominação genérica dada ao estudo dos animais, das estratégias evolutivas peculiares a cada um deles e das possíveis relações de parentesco evolutivo entre eles. Por se tratar de eventos ocorridos há centenas de milhões de anos e dos quais existem poucas evidências, ainda há muitas lacunas a serem preenchidas nesse campo do conhecimento. Entretanto, à medida que os cientistas fazem novas descobertas e são capazes de integrar os novos conhecimentos, as relações evolutivas entre os diferentes filos de animais tornam-se mais claras. Conheça melhor nossos parceiros de reino nos capítulos deste módulo.

Capítulo 7

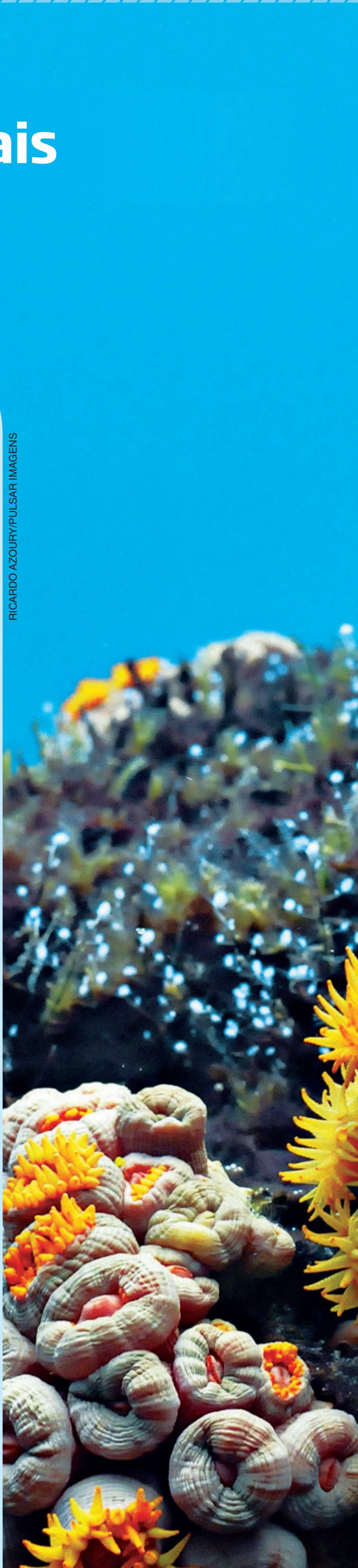
Apresentamos algumas das principais estratégias evolutivas dos grandes filos de animais. No primeiro item, estudamos as características animais importantes para o estabelecimento das principais relações evolutivas entre os grupos. Por exemplo, destacam-se a simetria, os tecidos embrionários e a origem das cavidades corporais. No segundo item, o objetivo é traçar um panorama geral das soluções adaptativas desenvolvidas pelos grupos animais para diferentes necessidades básicas. Entre elas, como foram solucionados os problemas da digestão de alimento, da distribuição de substâncias pelo corpo, da respiração e da eliminação de excretas.

Capítulo 8

Traçamos neste capítulo um painel dos principais filos de animais invertebrados. Na apresentação, um passeio gastronômico mostra nossa relação com diversos animais invertebrados. Esse é um dos motivos para conhecê-los, mas não o único. Ao estudar as relações evolutivas entre os animais, reconhecemos suas estratégias adaptativas, muitas das quais compartilhamos. Além disso, vale a pena conhecer alguns animais que podem nos causar doenças e as formas de evitá-las.

Capítulo 9

Nesse capítulo, estudamos os cordados, dos quais os mais expressivos são os vertebrados, grupo ao qual pertencemos. Além de apresentar os protocordados e suas relações filogenéticas com os vertebrados, traçamos um rápido panorama da diversidade do grupo dos cordados, desde os peixes-bruxa e lampreias até os mamíferos. Conhecer as principais características de nossos companheiros cordados faz com que conheçamos mais sobre nós mesmos.



RICARDO AZOURY/PULSAR IMAGENS

Capítulo 7

MAXIMILIAN WEINZIERL/ALAMY/GLOW IMAGES

Tendências evolutivas nos grupos animais

Itens principais:

- Parentesco evolutivo entre os principais grupos animais
- Sistemas corporais dos animais

Capítulo 8

LUCIANO COCA/ESTADÃO CONTEÚDO

Animais invertebrados

Itens principais:

- Filo Porifera (poríferos ou esponjas)
- Filo Cnidaria (cnidários)
- Filo Platyhelminthes (platelmintos)
- Filo Nematoda (nematódeos)
- Filo Mollusca (moluscos)
- Filo Annelida (anelídeos)
- Filo Arthropoda (artrópodes)
- Filo Echinodermata (equinodermos)

Capítulo 9

CLEVELAND HICKMAN/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

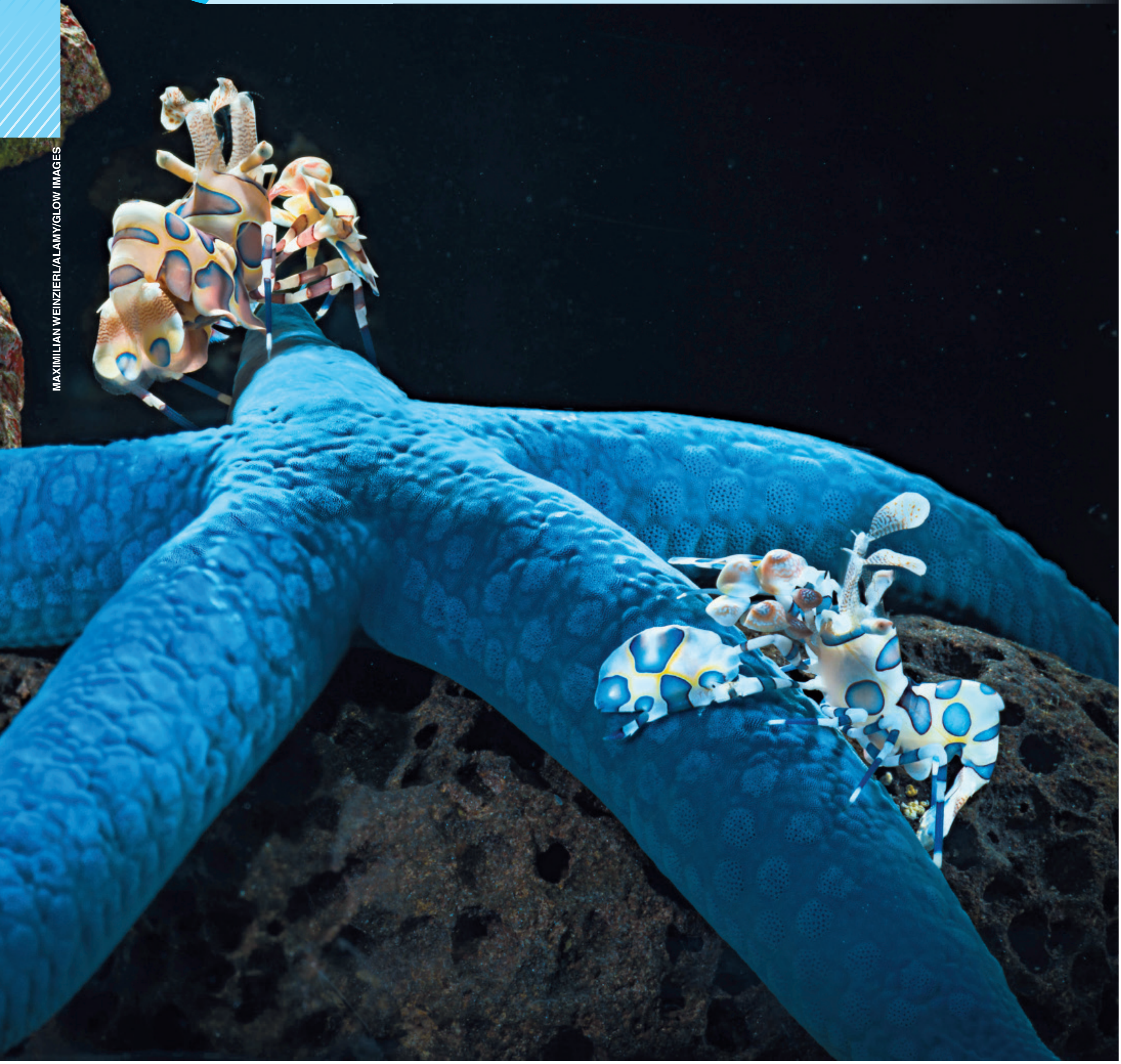
Cordados

Itens principais:

- Características gerais dos cordados
- Protocordados
- Características gerais dos craniados
- Peixes
- Tetrápodes (Tetrapoda)

O grupo dos animais reúne seres bastante distintos em sua forma, tamanho e hábitos. Na foto, imagem submarina do litoral brasileiro, mostrando um recife onde podem ser vistos diversos tipos de esponjas e corais, apenas para mencionar os animais mais visíveis. (Angra dos Reis, RJ, 2010.)

Capítulo 7 Tendências evolutivas nos grupos animais



MAXIMILIAN WEINZIERL/ALAMY/GLOW IMAGES

O mar foi o berço dos animais que "explodiram" em diversidade por volta de 500 milhões de anos atrás. Na imagem, camarões da espécie *Hymenocera elegans*, conhecidos como camarões-arlequim, com cerca de 6 cm de comprimento, junto a uma estrela-do-mar (Bali, Indonésia, 2012).

Enigmas da história da vida animal

Em 2004, depois de oito anos de intensas discussões, uma comissão formada por entidades geológicas de vários países acrescentou um novo período à divisão do tempo geológico: o Ediacarano. Fazia, então, 120 anos que a divisão do tempo geológico não sofria alterações. Geólogos russos reclamaram formalmente, pois preferiam o nome Vendiano; segundo eles, esse termo já vinha sendo utilizado naquele país e merecia prioridade. O período Ediacarano abrange 93 milhões de anos do final do Pré-Cambriano, indo de 635 Ma (milhões de anos atrás) até 541 Ma.

Para entender qual é a importância das descobertas relacionadas com o Ediacarano, precisamos voltar um pouco no tempo, até o primeiro período da era Paleozoica, o Cambriano, marcado pelo aparecimento de fósseis de todos os grupos animais existentes atualmente, fenômeno conhecido como “explosão cambriana”. Os cientistas se perguntavam como uma diversificação tão grande poderia ter ocorrido em um tempo geológico relativamente curto. As respostas parecem indicar para o Ediacarano.

As novas descobertas e o avanço das técnicas de análise e datação de fósseis revelaram a curiosa biota ediacarana, termo utilizado para designar as formas de vida desse período. Embora a diversidade de organismos desse período tenha sido grande, a maioria deles não apresenta características que permitam relacioná-los a nenhum dos grupos existentes atualmente. Por isso, os cientistas acreditam que as estratégias evolutivas desses animais foram malsucedidas, levando-os à total extinção.

A diversidade da biota ediacarana, embora não tenha muitos paralelos com a fauna atual, revela que ali já se encontravam as bases para a evolução e a diversificação dos grupos de animais dos dias de hoje. Por volta de 600 milhões de anos atrás, a vida na Terra se recuperava de uma severa era glacial, que muitos chamam de período Criogeniano, entre 850 Ma e 630 Ma. Com o degelo dos oceanos, teriam surgido condições favoráveis à diversificação de algumas formas de vida no período Ediacarano, o que resultou na explosão de diversidade da vida animal no Cambriano.

A importância do assunto

Neste capítulo, vamos estudar um pouco da diversidade animal, tentando entender como teriam surgido as principais estratégias evolutivas apresentadas pelos grandes filos atuais.

Ainda há muitas lacunas a serem preenchidas nesse campo do conhecimento, pois estamos tratando de eventos ocorridos há centenas de milhões de anos, e dos quais temos poucas evidências. Entretanto, à medida que os cientistas passam a acumular e a integrar novos conhecimentos, as relações evolutivas entre os filos de animais tornam-se mais claras.

No primeiro item deste capítulo, vamos conhecer as características animais mais importantes para o estabelecimento das principais relações evolutivas entre os grupos. Entre essas características, destacam-se a simetria, os tecidos embrionários e a origem das cavidades corporais.

No segundo e último item, o objetivo é traçar um panorama geral das soluções adaptativas desenvolvidas pelos grupos animais para diferentes necessidades básicas. Entre elas, como foram solucionados os problemas da digestão de alimento, da distribuição de substâncias pelo corpo, da eliminação de excreções etc.

Estudar a diversidade animal é conhecer melhor nossos parceiros de reino. Afinal, nossas origens remontam aos mesmos mares do período Ediacarano, quando a estratégia animal de vida estava sendo testada.

7.1 Parentesco evolutivo entre os principais grupos animais

O estudo sistemático dos animais é um desafio para os alunos. O maior objetivo deve ser explicitar a uniformidade dentro da diversidade, ou seja, reconhecer que, apesar da grande diversidade de animais, eles podem ser agrupados em poucas dezenas de filos, que exibem estratégias evolutivas bem-sucedidas, que começaram a surgir há mais de 600 milhões de anos.

Podemos imaginar a história da vida na Terra, desde sua origem até hoje, como uma árdua batalha pela adaptação. Ao longo do tempo evolutivo, os seres vivos vêm se modificando e desenvolvendo diferentes estratégias de sobrevivência. Os fósseis de animais que viveram no passado e hoje estão extintos mostram que certas estratégias não foram suficientes para fazê-los se perpetuar. Outras foram bem-sucedidas e perduram até hoje.

Com base em semelhanças morfológicas e fisiológicas entre os animais, que refletem o parentesco evolutivo entre eles, os sistematas elaboraram uma classificação que considera 35 filos, nos quais se distribuem mais de 1 milhão de espécies animais descritas até agora. Neste capítulo, vamos tratar apenas de nove desses filos, os quais reúnem as espécies mais conhecidas.

Amplie seus conhecimentos

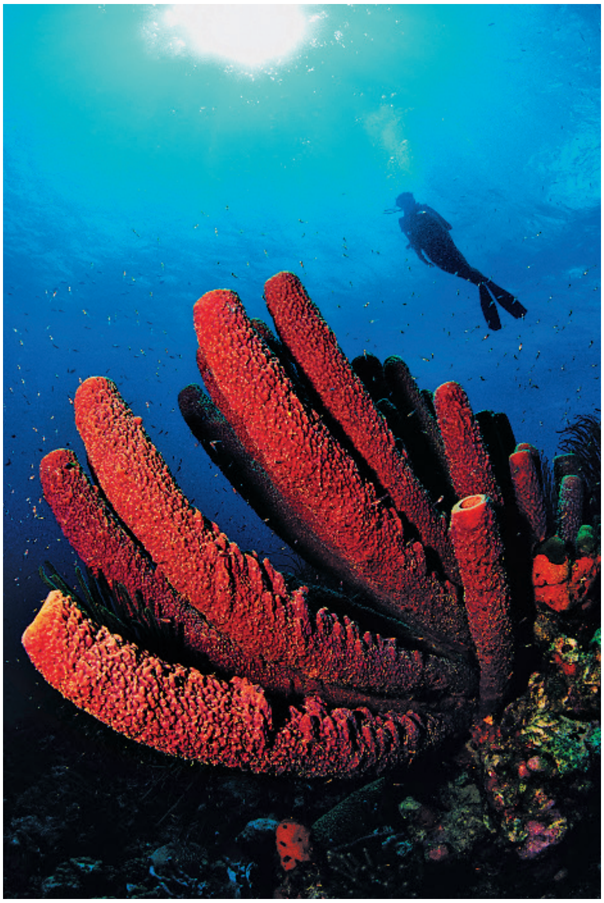
Principais filos animais

Ao estudar cada filo, dê exemplos de animais que os alunos conheçam. Compare as diferentes estratégias que ajudaram na sobrevivência de cada grupo animal. Mencione também alguns animais que podem causar doenças e as formas de evitá-las.

O reino Animalia reúne uma grande diversidade de organismos; a maioria deles é classificada nos grupos mostrados a seguir.

Poríferos

O filo Porifera reúne as esponjas, animais aquáticos com organização corporal muito simples. A maioria das espécies é marinha, vivendo presas a rochas e objetos submersos. As esponjas não apresentam tecidos diferenciados e nenhum tipo de órgão.

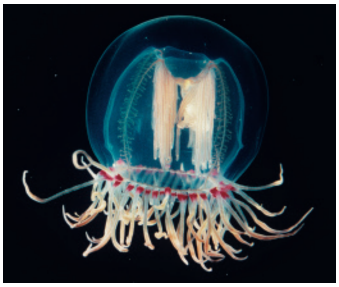


LUIZ FERNANDO CASSINO/TYBA

Esponja da espécie *Aplysina archeri*, animal do filo Porifera. Essa esponja forma tubos que podem chegar a 1,5 m de altura.

Cnidários

O filo Cnidaria reúne animais aquáticos cujos representantes mais conhecidos são as águas-vivas, os corais, as caravelas e as anêmonas-do-mar. A maioria dos cnidários é marinha; alguns vivem fixados a objetos submersos e outros nadam livremente.

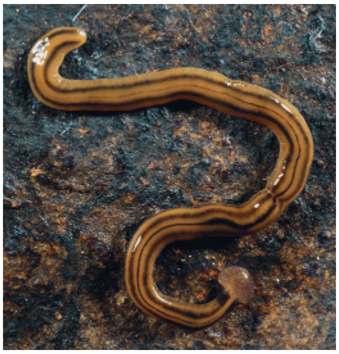


JAMES MCCULLAGH/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Medusa do gênero *Polyorchis*, representante do filo Cnidaria. Algumas espécies desse gênero chegam a ter mais de 100 tentáculos e ultrapassar 50 cm de diâmetro.

Platelmintos

O filo Platyhelminthes reúne os animais com corpo achatado dorsoventralmente, que vivem em água doce ou salgada, em ambientes de terra firme úmidos ou no interior de outros animais, parasitando-os. As formas de vida livre, aquáticas ou terrestres, são as populares planárias; os platelmintos parasitas mais conhecidos são as tênias e os esquistossomos.

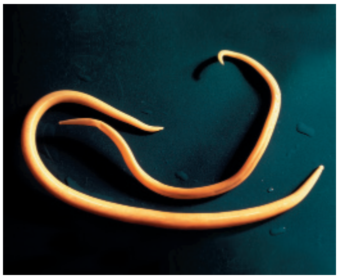


GREGORY G. DIMIJIAN, M.D./SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

A planária *Bipalium* sp. é um representante do filo Platyhelminthes. Esse exemplar tem 7 cm de comprimento.

Nematódeos

O filo Nematoda reúne grande variedade de animais de corpo cilíndrico e afilado nas duas pontas. Os representantes desse grupo vivem em todos os tipos de ambiente: em água doce ou salgada, na terra úmida ou no interior do corpo de animais e plantas, parasitando-os. Os nematódeos mais conhecidos são as lombrigas, os ancilóstomos causadores do amarelão e as filárias causadoras da elefantíase.



LAURITZ JENSEN/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Nematódeo *Ascaris lumbricoides*, conhecido como lombriga, que chega a medir 40 cm de comprimento.

Observar animais vivos é importante, pois a visão apenas “teórica” pode levar a Zoologia a tornar-se árida e o aprendizado, menos significativo. Se não for possível, lance mão de animais preservados, preparações para microscopia, filmes, vídeos, fotografias, CD-ROMs etc.

Moluscos

O filo Mollusca reúne animais de corpo mole, em geral revestido por uma concha calcária rígida. Os representantes desse grupo vivem em água doce ou salgada e em diversos ambientes úmidos de terra firme; são caramujos, mexilhões, lesmas, polvos, lulas etc.

ROBERT & JEAN POLLOCK/ VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Caramujo da espécie *Monadenia fidelis*, molusco que pode atingir 3,6 cm de comprimento.

Anelídeos

O filo Annelida reúne animais de corpo cilíndrico dividido em segmentos transversais. Eles vivem em água doce ou salgada e em solo úmido. Os representantes mais conhecidos desse grupo são as minhocas, que vivem em terra firme, as sanguessugas, que vivem em ambientes úmidos ou em água doce ou salgada, e os poliquetos, que vivem principalmente no mar, vagando pelo fundo ou vivendo dentro de tubos que eles mesmos constroem.

RICHARD BECKER/FLPA/DIOMEDIA

Minhoca da espécie *Lumbricus terrestris*, anelídeo com aproximadamente 25 cm de comprimento.

Artrópodes

O filo Arthropoda reúne uma grande diversidade de organismos, que se caracterizam por ter o corpo protegido por uma armadura rígida, o exoesqueleto de quitina. Os artrópodes, em geral, são divididos em três subfilos: crustáceos, quelicerados e unirrâmios (ou unirremes). Os crustáceos, em sua maioria aquáticos, são os camarões, as lagostas, os caranguejos, os siris, os tatuzinhos-de-jardim etc. Os quelicerados, representados por aranhas, escorpiões, carrapatos e ácaros, são tipicamente de terra firme. Os unirrâmios, como os piolhos-de-cobra (diplópodes), as centopeias (miriápodes) e os insetos, são animais de terra firme e constituem a maioria das espécies conhecidas de seres vivos.

FABIO COLOMBINI

A maria-farinha (*Ocypode* sp.) é um crustáceo (filo Artrhopoda) cuja carapaça pode chegar a 4 cm de largura.

Equinodermos

O filo Echinodermata reúne animais exclusivamente marinhos, considerados pelos cientistas os mais aparentados com os cordados. Seus representantes mais conhecidos são as estrelas-do-mar, os ouriços-do-mar, as bolachas-da-praia e os pepinos-do-mar (holotúrias).

DAVID WROBEL/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Estrela-do-mar da espécie *Orthasterias koehleri*, equinodermo que tem cerca de 50 cm de diâmetro.

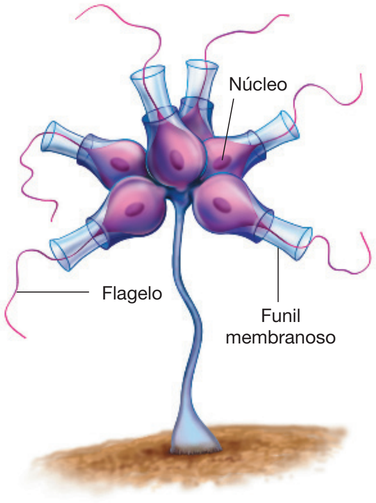
Cordados

O filo Chordata reúne alguns animais invertebrados aquáticos, como as ascídias e os anfioxos, e todos os animais vertebrados: peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos. É um grupo bastante diversificado, que reúne animais com tamanhos e formas corporais variados, adaptados aos mais diversos tipos de ambiente.

FABIO COLOMBINI

A anta da espécie *Tapirus terrestris* é um mamífero terrestre que pode chegar a 2,40 m de comprimento.

Primórdios da diversificação dos animais



JURANDIR RIBEIRO

Qual teria sido o ancestral de todos os animais? A hipótese predominante é que descendemos de protozoários coanoflagelados coloniais, organismos unicelulares constituídos por células semelhantes às que recobrem as cavidades internas do corpo das esponjas. Estudos genômicos recentes mostram que genes relacionados com a adesão e a troca de sinais entre as células já existiam por volta de 600 milhões de anos atrás. Essas capacidades foram fundamentais para a transição da unicelularidade para a multicelularidade. (Fig. 7.1)

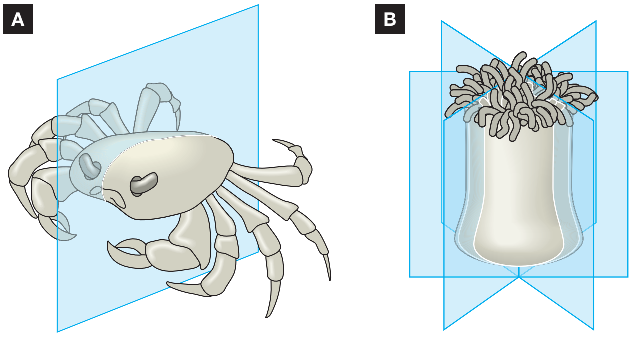
Figura 7.1 Representação esquemática de coanoflagelados coloniais do gênero *Codosiga*. Organismos similares a esse podem ter sido os ancestrais dos animais; suas células medem cerca de 5 μm de comprimento e são semelhantes aos coanócitos das esponjas. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Animais diblásticos e animais triblásticos

De acordo com as hipóteses mais aceitas atualmente, duas linhagens de animais teriam se diversificado a partir dos primeiros ancestrais multicelulares: em uma delas, as células eram pouco especializadas e não estavam organizadas em tecidos verdadeiros; na outra, as células apresentavam maior grau de especialização, formando tecidos. A primeira linhagem teria originado os poríferos atuais; a segunda, o ancestral de todos os outros grupos animais.

Desse segundo grupo teriam se diferenciado duas linhagens: uma delas originou os cnidários atuais, animais com apenas dois tecidos embrionários (**folhetos germinativos**), o **ectoderma** e o **endoderma**, denominados **diblásticos**. A outra linhagem teria originado animais dotados de um terceiro tecido embrionário, o **mesoderma**, denominados **triblásticos**.

Nos nove filos de animais que estudaremos neste livro, apenas os cnidários e algumas espécies de esponja apresentam **simetria radial**, em que diversos planos que passam pelo eixo longitudinal de seu corpo dividem o animal em metades semelhantes. As espécies dos demais filos têm **simetria bilateral**, com um único plano de simetria possível, que divide o corpo nas metades esquerda e direita. Há apenas uma exceção: o filo dos equinodermos (estrelas-do-mar e ouriços-do-mar), cujos representantes têm simetria bilateral na fase larval e simetria radial na fase adulta. A simetria radial desses animais é considerada pelos biólogos um caráter secundário, resultante da adaptação a um modo de vida séssil ou com pequena movimentação. (Fig. 7.2)



ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Figura 7.2 A. Um crustáceo tem simetria bilateral: um único plano divide o corpo nas metades esquerda e direita. **B.** Um cnidário tem simetria radial; muitos planos que passam pelo eixo longitudinal de seu corpo dividem o animal em metades semelhantes. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Animais protostômios e animais deuterostômios

Esponjas são animais filtradores que captam partículas alimentares da água por meio das células flageladas; elas não têm sistema digestório e não possuem tecidos corporais. Os cnidários apresentam dois tecidos embrionários – são diblásticos – e o primeiro tipo de sistema digestório da escala evolutiva zoológica, com apenas uma abertura, a boca, por onde o alimento entra e por onde saem os resíduos da digestão. Fala-se, nesse caso, em **sistema digestório de fluxo bidirecional** (antigamente denominado sistema digestório incompleto).

Uma aquisição evolutiva importante dos animais dotados de simetria bilateral foi o desenvolvimento do **sistema digestório com fluxo unidirecional** (antigamente denominado sistema digestório completo), com duas aberturas, a boca e o ânus. No embrião dos animais, na fase de gástrula, há apenas uma abertura de comunicação entre o arquêntero e o meio externo, o **blastóporo**. A passagem evolutiva para o sistema digestório com fluxo unidirecional consistiu no aparecimento de uma segunda abertura no arquêntero.

Curiosamente, uma linha divisória entre duas linhagens ancestrais dos animais foi o destino do blastóporo: em uma delas, ele daria origem à boca, sendo o ânus a segunda abertura a surgir. Na outra linhagem, o blastóporo originaria o ânus, com a boca formando-se depois. Os animais do primeiro grupo são denominados **protostômios** (do grego *protos*, primeiro, e *stoma*, boca) e os do segundo, **deuterostômios** (do grego *deuteros*, segundo). São protostômios os nematódeos, os moluscos, os anelídeos e os artrópodes, além de integrantes de outros filos menores. São deuterostômios os equinodermos e os cordados, grupo ao qual pertencemos.

Cavidades corporais e metameria

Muitos grupos animais possuem espaços internos preenchidos por líquido, que desempenham funções como a absorção de choques mecânicos, o favorecimento da distribuição de substâncias pelo corpo, o apoio à ação dos músculos etc. Na maioria dos animais, a cavidade corporal é totalmente revestida por tecido de origem mesodérmica, sendo denominada **celoma**. Nos nematódeos, a cavidade interna é revestida por mesoderma e por endoderma, sendo denominada **pseudoceloma** (do grego *pseudo*, falso).

Com base na presença e no tipo de cavidade corporal, os animais triblásticos podem ser classificados em três grupos: **acelomados**, em que não há cavidade corporal além da cavidade digestiva; **celomados**, que apresentam celoma; e **pseudocelomados**, que têm pseudoceloma. Os platelmintos são os únicos animais acelomados estudados neste livro; os nematódeos são os únicos pseudocelomados; os demais – moluscos, anelídeos, artrópodes, equinodermos e cordados – são animais celomados. (Fig. 7.3)

Uma estratégia evolutiva considerada importante pelos sistematas é a **metameria**, ou segmentação corporal, que consiste em apresentar, pelo menos na fase embrionária, o corpo organizado em segmentos iguais ou semelhantes, os metâmeros. Os cientistas acreditam que uma das principais vantagens da metameria é a organização segmentada da musculatura, que confere ao animal uma versatilidade muito grande na movimentação corporal. Dados recentes sugerem que a metameria deve ter surgido independentemente, por convergência evolutiva, nas linhagens ancestrais de vários grupos que hoje exibem a característica (anelídeos, artrópodes e cordados). Nesse caso, essa característica não reflete o parentesco evolutivo entre esses grupos. (Fig. 7.4)

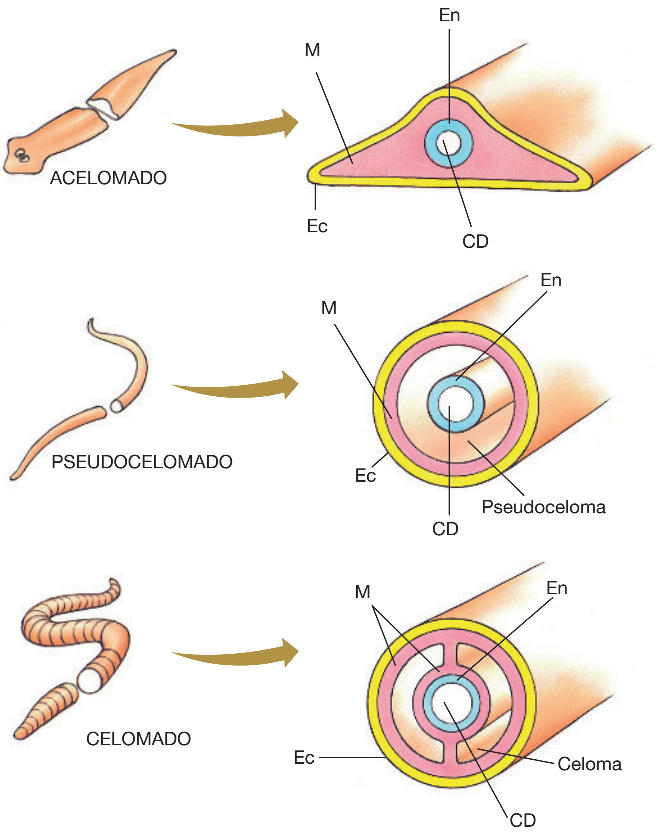


Figura 7.3 Representações esquemáticas de cortes transversais dos três tipos corporais básicos de animais triblásticos. CD = Cavidade digestiva; Ec = Ectoderma; En = Endoderma; M = Mesoderma. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Retome os conceitos de simetria, número de folhetos embrionários, presença e origem do celoma sempre que estudar os grupos de animais em que tais características ocorrem.

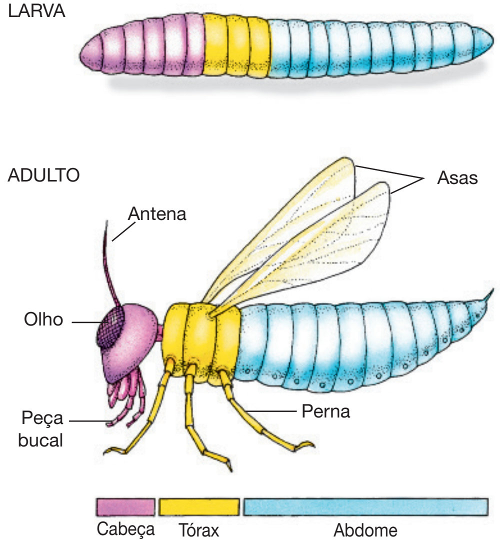
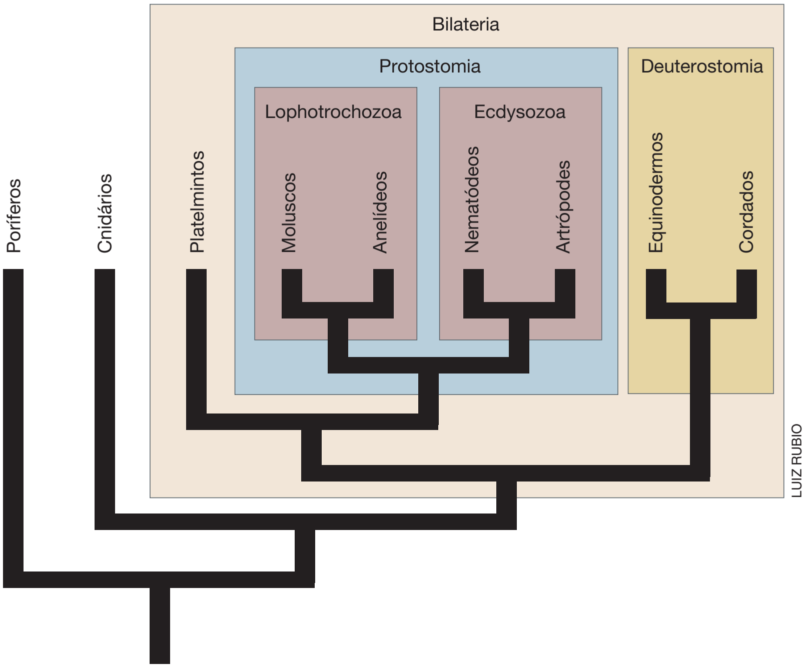


Figura 7.4 Representações esquemáticas dos corpos de uma larva e de um adulto de inseto; as cores indicam a correspondência entre os metâmeros desses dois estágios do ciclo de vida. Nos insetos, alguns metâmeros se fundem para formar as diversas partes do corpo do animal adulto. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

A seguir, apresentamos uma árvore filogenética que relaciona os nove filos estudados neste livro, elaborada com base em informações anatômicas e genéticas obtidas em diversos estudos recentes. (Fig. 7.5)

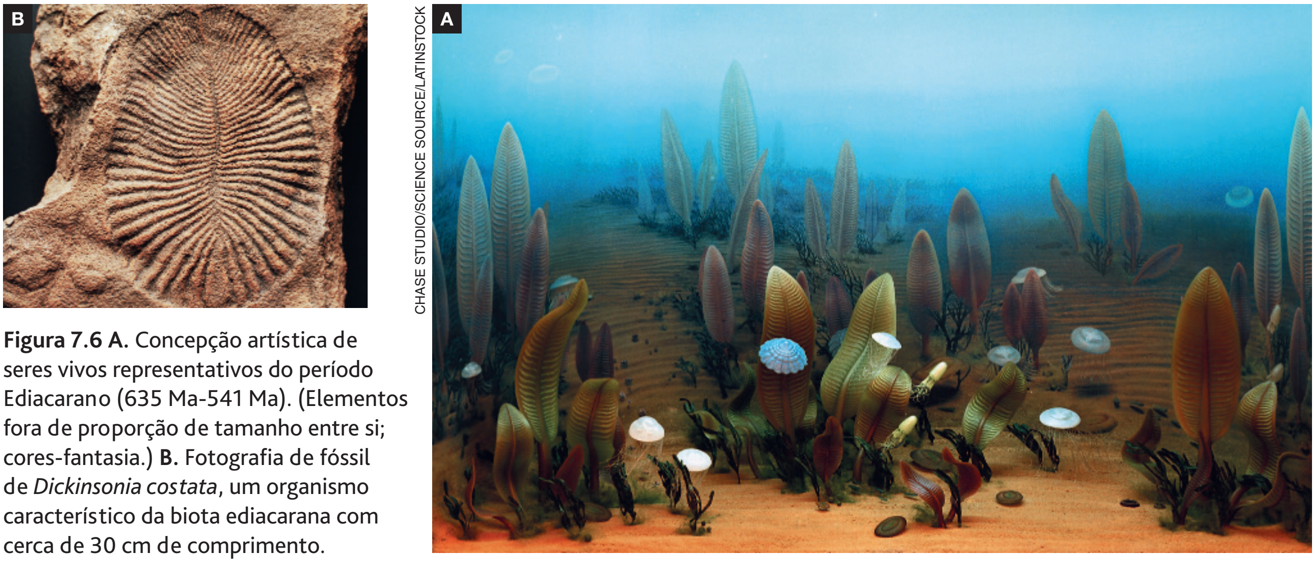


LUIZ RUBIO

Figura 7.5 Árvore filogenética que mostra possíveis relações evolutivas entre os nove principais filos animais. Moluscos e anelídeos são reunidos em um mesmo clado – Lophotrochozoa –, com base em similaridades genéticas e na presença de um mesmo tipo de larva em certas espécies dos dois filos. Nematódeos e artrópodes, além das similaridades genéticas, possuem um mesmo tipo de muda de exoesqueleto (ecdise), sendo reunidos no clado Ecdysozoa.

A explosão cambriana

O registro fóssil mostra que, até o início do período Cambriano (541 Ma-485 Ma), a fauna era constituída por organismos bem diferentes dos atuais. Eram, em sua maioria, animais pequenos, de corpo mole e formas estranhas. Alguns pareciam com águas-vivas; outros eram discos com bordos denteados ou lembravam folhas com fileiras de sulcos. Essas bizarras criaturas compõem a fauna ediacarana, assim chamada em referência às colinas Ediacara, na Austrália, onde foram encontrados fósseis dos animais desse período. (Fig. 7.6)

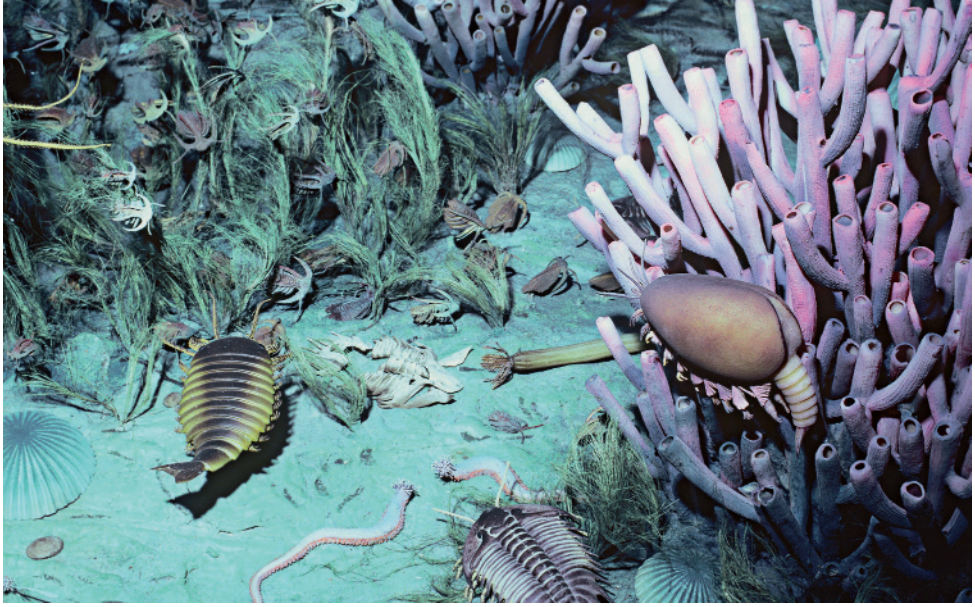


AGEFOTOSTOCK/AGB PHOTO LIBRARY/KEYSTONE BRASIL

CHASE STUDIO/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

Figura 7.6 A. Concepção artística de seres vivos representativos do período Ediacarano (635 Ma-541 Ma). (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) **B.** Fotografia de fóssil de *Dickinsonia costata*, um organismo característico da biota ediacarana com cerca de 30 cm de comprimento.

Em um intervalo de tempo muito curto em termos geológicos (20 milhões de anos), entre 525 milhões e 505 milhões de anos atrás, o registro fóssil passa a exibir vestígios de animais grandes e complexos, dotados de estruturas elaboradas como antenas, pernas, nadadeiras, peças bucais, cauda e olhos. Entre esses fósseis, podem-se distinguir ancestrais de representantes da maioria dos filos atuais, como artrópodes, moluscos, anelídeos e cordados, além de animais que não se incluem em nenhum dos filos conhecidos. A rápida diversificação da fauna nesse período é conhecida como “**explosão cambriana**”. (Fig. 7.7)



TOM MCHUGH/SCIENCE SOURCE/DIOMEDIA

Figura 7.7 Concepção artística da fauna que se originou na "explosão cambriana". (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

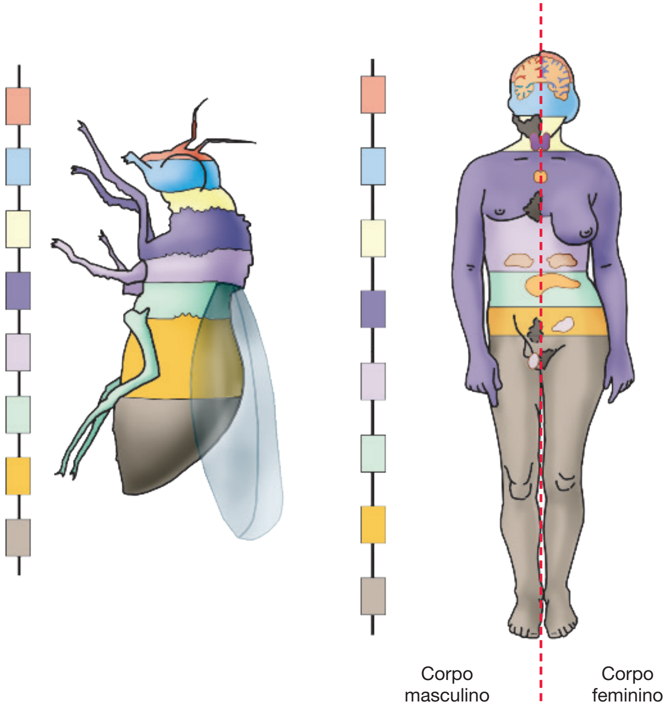
O que desencadeou essa explosão de diversidade animal no período Cambriano? A hipótese mais plausível é que tenha acontecido uma mudança climática global que propiciou a diversificação. Há evidências de que o término de um evento glacial de grande proporção, ocorrido no período Ediacarano, teria provocado um significativo aumento na concentração de gás oxigênio nos oceanos. Consequentemente, a disponibilidade de recursos e de alimento deve ter aumentado, o que permitiu a expansão e a diversificação da vida.

Alguns cientistas ponderam que as novas estruturas corporais só surgiram porque os animais já dispunham dos genes envolvidos no desenvolvimento delas. Alguns desses genes, portanto, deviam estar presentes em ancestrais que viveram no período Ediacarano.

Estudos genômicos e a evolução dos animais

Uma descoberta revolucionária no campo da Genética Evolutiva foi a de que todos os animais com simetria bilateral, inclusive a espécie humana, têm um mesmo conjunto básico de genes, os chamados **genes homeóticos**, que controlam o desenvolvimento do plano geral de organização corporal. Alguns desses genes atuam no início do desenvolvimento embrionário, definindo a orientação do corpo do animal: onde serão as partes da frente e de trás, a direita e a esquerda, o dorso e o ventre. Outros conjuntos gênicos coordenam a formação de órgãos como olhos, membros, coração etc.

O notável é que essa "caixa de ferramentas" genética é a mesma em todos os animais. O gene responsável pelo desencadeamento da formação do olho de uma mosca tem praticamente a mesma sequência de nucleotídios (ou seja, a mesma informação genética) que o gene que desencadeia a formação do olho de um rato ou de uma pessoa, embora os olhos de um inseto sejam muito diferentes dos de um mamífero. (Fig. 7.8)



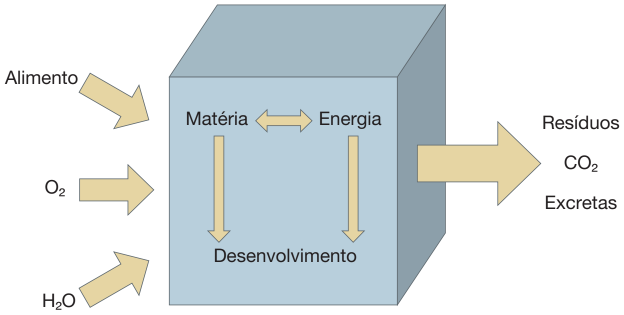
PAULO MANZI

Figura 7.8 Representações esquemáticas dos corpos de uma mosca e de uma pessoa (representado por uma metade masculina e outra feminina), ao lado dos respectivos conjuntos de genes homeóticos, que definem o padrão de organização corporal. As cores indicam a similaridade entre os genes das duas espécies e as porções corporais definidas por eles. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) (Elaboradas com base em <www.biomedsearch.com/nih/HOX-genes-seductive-science-mysterius/16457401.html>. Acesso em: fev. 2016.)

A comparação entre genomas de espécies atuais tem levado os biólogos a concluir que os genes homeóticos necessários para a formação de corpos maiores e mais complexos existiam pelo menos 50 milhões de anos antes da explosão cambriana. Na fauna ediacarana, portanto, estaria o ancestral de todos os animais com simetria bilateral.

7.2 Sistemas corporais dos animais

Animais são organismos heterotróficos, isto é, que obtêm substâncias orgânicas nutritivas de outros seres, vivos ou mortos. A energia necessária ao funcionamento corporal vem principalmente da respiração aeróbica, processo intracelular em que substâncias orgânicas provenientes do alimento reagem com gás oxigênio obtido do meio. Os principais subprodutos do metabolismo – gás carbônico e excreções nitrogenadas – são constantemente eliminados do corpo. (Fig. 7.9)



LUIZ RUBIO

Figura 7.9 Representação esquemática das necessidades essenciais de um animal e dos subprodutos de seu metabolismo.

Nos poríferos, animais com organização corporal pouco elaborada, não há tecidos nem órgãos; a alimentação está a cargo de células especializadas, os coanócitos, que retiram partículas alimentares da água e distribuem os nutrientes obtidos na digestão intracelular às demais células corporais.

Todos os outros animais apresentam tecidos, isto é, conjuntos celulares especializados que formam órgãos e sistemas corporais. Os quatro sistemas corporais encarregados das funções básicas no organismo animal são: a) o **sistema digestório**, responsável pela digestão de alimentos; b) o **sistema respiratório**, responsável pela absorção de gás oxigênio e pela eliminação de gás carbônico; c) o **sistema circulatório**, que distribui pelo corpo as substâncias úteis e recolhe as potencialmente tóxicas; d) o **sistema urinário** ou **excretor**, responsável pelo equilíbrio de sais no corpo (osmorregulação) e pela eliminação de substâncias tóxicas.

Sistemas digestórios

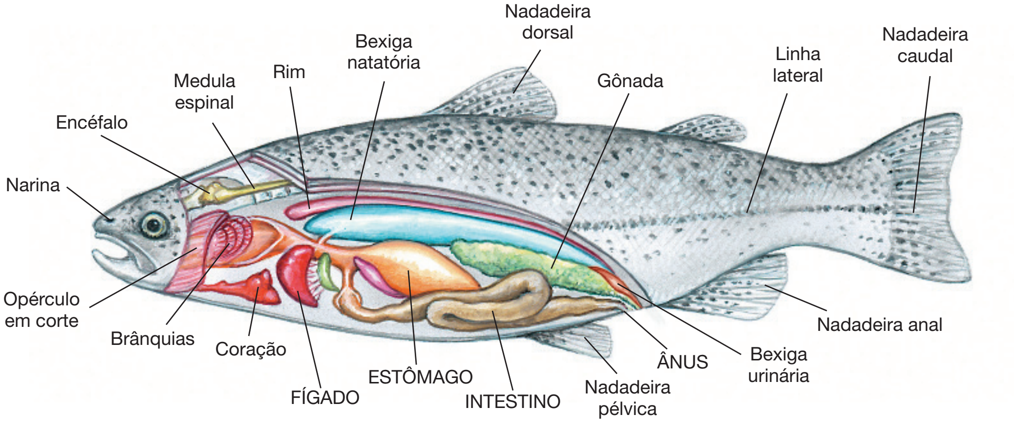
Em todos os animais, com exceção dos poríferos, o alimento ingerido pela boca segue para uma cavidade em forma de bolsa ou de tubo, onde é eventualmente umedecido, triturado (digestão mecânica) e digerido por enzimas. A digestão que ocorre na cavidade digestiva, fora das células, é denominada **digestão extracelular**. Os produtos digeridos são absorvidos por células do revestimento dessa cavidade e distribuídos a todas as células do corpo do animal.

Em cnidários e platelmintos, que apresentam sistema digestório de fluxo bidirecional, a digestão dos alimentos começa extracelularmente na cavidade digestiva e se completa no interior das células; por isso, diz-se que esses animais têm **digestão extra** e **intracelular**. Nos platelmintos, a maior parte da digestão ocorre extracelularmente e pequena parte dela se completa dentro das células da parede da cavidade digestiva.

Em animais com sistema digestório com fluxo unidirecional, a digestão ocorre extracelularmente, à medida que o alimento se desloca em um único sentido, da boca para o ânus, passando sequencialmente por regiões diferenciadas do tubo digestório: a cavidade bucal, a faringe, o esôfago, o estômago e o intestino.

A função da **faringe**, porção do tubo digestório que se segue à cavidade bucal, varia nos diversos organismos. Em platelmintos, como as planárias, a faringe é musculosa e pode ser estendida para fora do corpo para sugar o alimento. Em anelídeos, como as minhocas, ela é ligada a feixes musculares e tem capacidade de sugar alimento. A faringe dos cordados aquáticos, entre eles os peixes, possui fendas pelas quais a água circula, oxigenando o sangue.

Após a faringe, segue-se o **esôfago**, que precede o estômago, presente na maioria dos animais. O **estômago** é uma região dilatada e musculosa do tubo digestório onde o alimento permanece por algum tempo e onde ocorre parte importante da digestão. Do estômago, o alimento parcialmente digerido passa para o **intestino**, onde a digestão se completa e a maioria dos produtos úteis é absorvida pelas células intestinais. Resíduos não aproveitados do alimento constituem as fezes, que são eliminadas pelo ânus. (Fig. 7.10)


Nadadeira dorsal
Bexiga natatória
Rim
Medula espinal
Encéfalo
Narina
Gônada
Linha lateral
Nadadeira caudal
Opérculo em corte
Brânquias
Coração
FÍGADO
ESTÔMAGO
INTESTINO
Nadadeira pélvica
ÂNUS
Bexiga urinária
Nadadeira anal

CECÍLIA IWASHITA

Figura 7.10 Representação esquemática da anatomia de um peixe (truta), mostrando alguns órgãos internos, com destaque para o sistema digestório. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Em diversos animais, os dutos do sistema genital e, muitas vezes, também os do sistema urinário desembocam em uma bolsa localizada na porção terminal do intestino. Essa estrutura comum aos sistemas digestório, urinário e genital é a **cloaca**.

O sistema digestório geralmente apresenta glândulas associadas, que auxiliam no processo digestivo; algumas delas são as glândulas salivares, o fígado e o pâncreas, cujas funções serão estudadas mais adiante, no capítulo 10 deste livro.

Sistemas respiratórios

O suprimento de gás oxigênio para as células e a remoção de gás carbônico produzido no metabolismo animal ocorrem por meio da respiração, processo que consiste em realizar trocas gasosas entre o corpo e o ambiente.

Respiração cutânea

Diversos animais realizam as trocas gasosas pela superfície do corpo, que precisa ser mantida sempre úmida para permitir a difusão dos gases. Por isso, a chamada **respiração cutânea** (do latim *cutis*, pele) só ocorre em animais que vivem na água ou em ambientes úmidos, como poríferos, cnidários, platelmintos, nematódeos, alguns anelídeos e anfíbios.

Respiração traqueal

Nos insetos, artrópodes adaptados à vida em terra firme, as trocas gasosas com o ambiente são realizadas por um sistema de tubos com reforços espiralados nas paredes, as **traqueias**. O sistema traqueal comunica-se diretamente com a superfície do corpo por meio de poros denominados espiráculos, por onde penetra o ar atmosférico rico em gás oxigênio; pelo sistema de traqueias ramificadas, o gás oxigênio chega a todas as células corporais. O gás carbônico produzido no metabolismo celular, por sua vez, faz o caminho inverso, passando para as traqueias e delas para o exterior. A **respiração traqueal** não tem nenhuma relação funcional com a circulação sanguínea, uma vez que as traqueias garantem que o gás oxigênio chegue diretamente às células, sem intermediação dos líquidos que circulam no corpo. (Fig. 7.11)

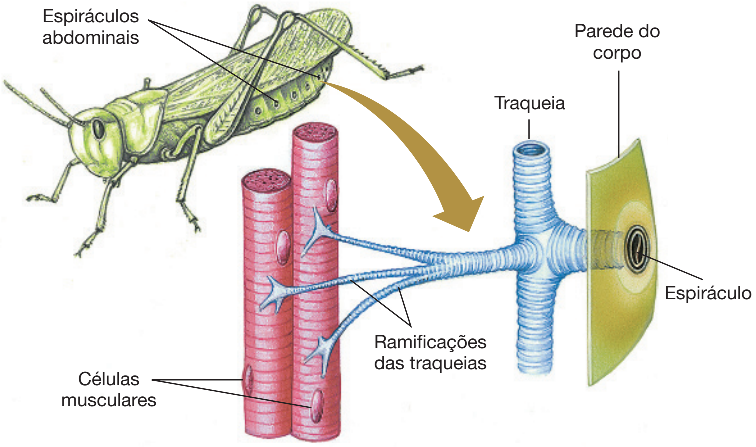
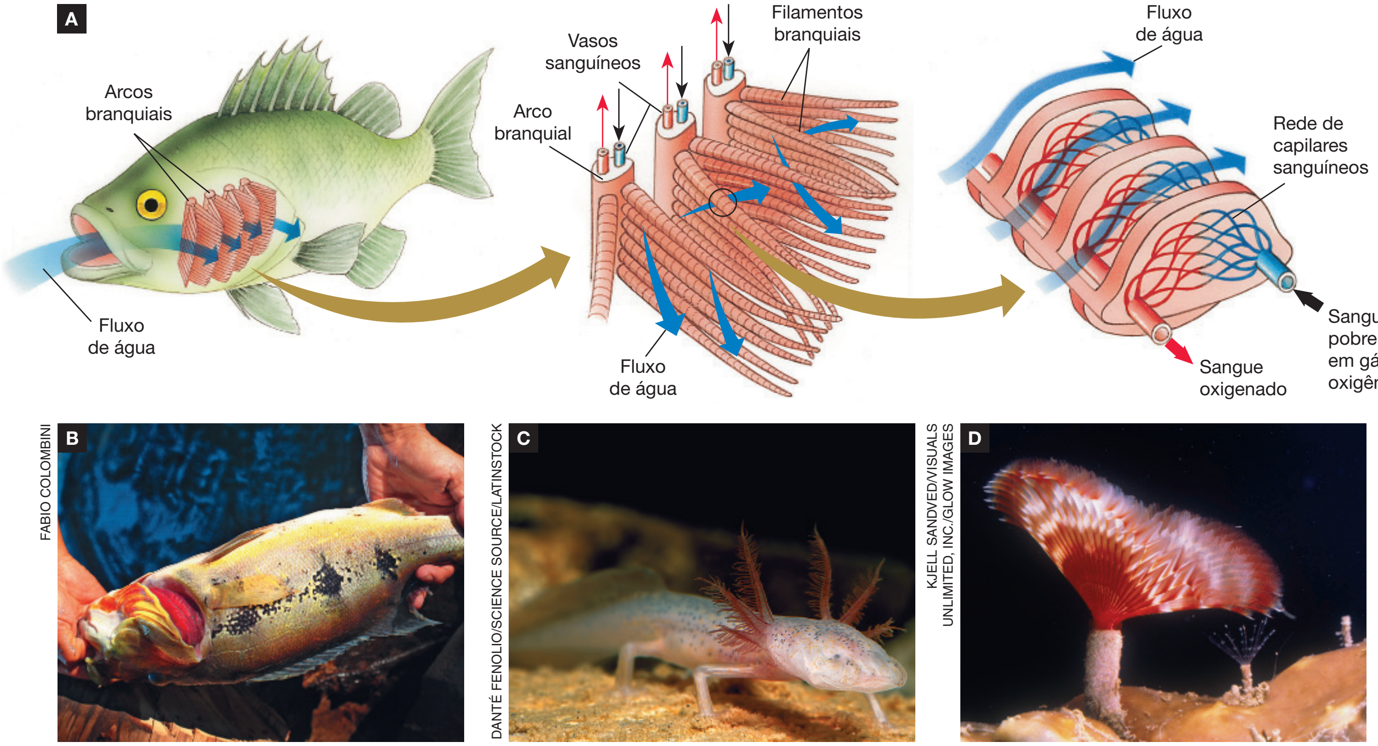

Espiráculos abdominais
Parede do corpo
Traqueia
Espiráculo
Ramificações das traqueias
Células musculares

Figura 7.11 Representação esquemática do sistema traqueal, pelo qual o ar atmosférico atinge diretamente os tecidos. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

SIMONKA

Respiração branquial

Em diversos animais aquáticos, as trocas gasosas com a água ocorrem por meio de estruturas especializadas, as **brânquias**, que são dobras externas da superfície corporal ricas em vasos sanguíneos. A **respiração branquial** está presente em peixes, crustáceos e em diversos anfíbios, equinodermos, anelídeos e moluscos. Ao passar pelos vasos que irrigam as brânquias, o fluido circulatório (sangue ou linfa) fica próximo da água o suficiente para permitir as trocas gasosas por difusão com o ambiente aquático. (Fig. 7.12)



ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

FABIO COLOMBINI

DANTÉ FENOLIO/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

KJELL SANDVED/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 7.12 A. Representação esquemática da estrutura das brânquias de um peixe mostrando detalhes do caminho da água entre os filamentos branquiais (setas azuis). Os arcos branquiais são estruturas ósseas ou cartilaginosas que sustentam filamentos branquiais. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) Fotografias de brânquias: **B.** do peixe tucunaré (*Cichla* sp.), que pode atingir até 70 cm de comprimento; **C.** de larva de salamandra da espécie *Eurycea wallacei*, que, ao atingir a fase adulta, chega a medir 8 cm de comprimento; **D.** de anelídeo poliqueto tubícola da família Sabellidae (alguns representantes dessa família chegam a medir cerca de 10 cm de comprimento quando adultos).

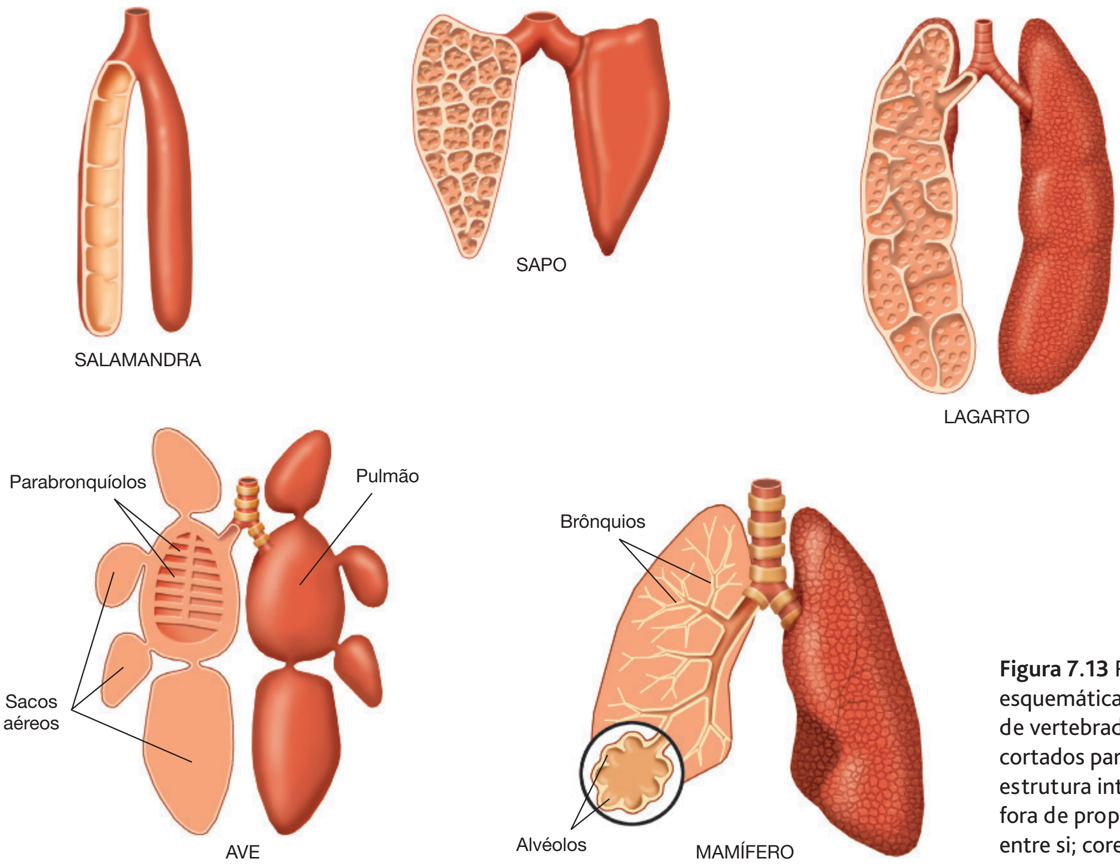
Respiração pulmonar

Animais como certos moluscos, a maioria dos anfíbios adultos, répteis, aves e mamíferos, além de alguns peixes, têm **respiração pulmonar**: as trocas gasosas com o ar ocorrem por meio de órgãos internos ricamente vascularizados, os **pulmões**.

A estrutura dos pulmões varia nos diversos animais. Nos moluscos, os pulmões constituem uma bolsa ricamente vascularizada. Entre os vertebrados, as salamandras têm pulmões rudimentares, com poucas dobras internas; por isso, esses animais dependem muito da respiração cutânea. Pulmões de sapos e de rãs são um pouco mais complexos, com várias dobras internas que formam compartimentos. Pulmões de répteis são ainda mais complexos que os dos anfíbios.

Pulmões de aves são constituídos por finíssimos tubos dispostos paralelamente, os **parabronquíolos**. A parede dos parabronquíolos é irrigada por grande quantidade de capilares sanguíneos, o que possibilita as trocas gasosas entre o sangue e o ar inalado. Dos pulmões partem bolsas chamadas **sacos aéreos**, que ocupam as regiões anterior e posterior do corpo, penetrando inclusive em alguns ossos.

Pulmões dos mamíferos são formados por milhões de minúsculas bolsas – os **alvéolos pulmonares** – situadas nas extremidades de finos tubos denominados bronquíolos. As paredes dos alvéolos são envoltas por grande quantidade de capilares sanguíneos, responsáveis pelas trocas gasosas entre o sangue e o ar alveolar. (Fig. 7.13)



ILUSTRAÇÕES: PAULO MANZI

Figura 7.13 Representações esquemáticas de pulmões de vertebrados parcialmente cortados para mostrar a estrutura interna. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Certos aracnídeos apresentam órgãos respiratórios denominados **pulmões foliáceos**, ou **filotraqueias**, localizados no interior do abdome e em comunicação com o exterior por meio de uma pequena abertura, o poro respiratório. Os pulmões foliáceos são formados por lâminas finas como folhas, entre as quais circula um fluido corporal denominado hemolinfa. O ar atmosférico que penetra pelo poro respiratório circula entre as lâminas, oxigenando a hemolinfa e dela recebendo gás carbônico.

Sistemas circulatórios

Os nutrientes absorvidos no tubo digestivo, assim como o gás oxigênio absorvido em órgãos respiratórios, precisam chegar rapidamente a todas as células do corpo. Ao longo de sua evolução, os animais desenvolveram diversas estratégias para garantir o transporte de diversas substâncias pelo corpo.

Em poríferos, cnidários e platelmintos, a distribuição de substâncias ocorre por difusão célula a célula. Embora lenta, a difusão é eficiente em animais de corpo pequeno, nos quais todas as células estão próximas da cavidade digestiva e das superfícies respiratórias.

Nos nematódeos, a distribuição de substâncias pelo corpo ocorre por meio do líquido que preenche o pseudoceloma. O gás oxigênio absorvido pela superfície corporal e os nutrientes assimilados pela parede do tubo digestivo difundem-se para o líquido pseudocelômico, que os transporta para todas as partes do corpo.

Anelídeos, moluscos, artrópodes e cordados apresentam sistemas circulatórios constituídos por redes de tubos ramificados, denominados genericamente vasos circulatórios. Neles circula um fluido – sangue ou hemolinfa – que distribui nutrientes e gás oxigênio para as células e recolhe gás carbônico e excreções nitrogenadas produzidos no metabolismo celular.

A movimentação do líquido circulatório deve-se a uma estrutura musculosa, que se contrai de forma rítmica, o **coração**. Alguns animais, como as minhocas e os insetos, podem ter vários corações. Por definição, vasos sanguíneos que partem do coração, levando fluido circulatório para as diversas partes do corpo, são denominados **artérias**; os vasos que trazem o líquido circulatório de volta ao coração são chamados de **veias**.

A maioria dos moluscos e dos artrópodes apresenta **sistema circulatório aberto**, no qual as artérias terminam em cavidades localizadas entre os tecidos corporais, as **hemocelas**. O fluido circulatório, denominado **hemolinfa** nos sistemas abertos, entra em contato direto com os tecidos em torno das hemocelas, o que permite o intercâmbio de substâncias. A hemolinfa sai das hemocelas pelas veias, adentrando o coração pelos óstios, aberturas cardíacas dotadas de válvulas que evitam o refluxo quando o coração se contrai. (Fig. 7.14)

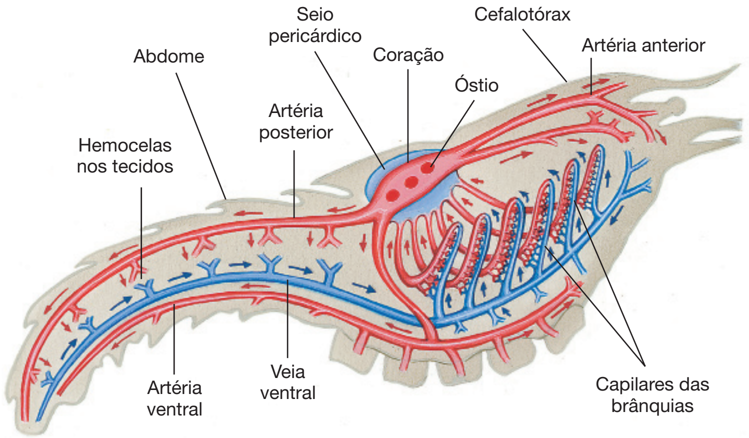

Seio pericárdico
Cefalotórax
Abdome
Coração
Artéria anterior
Óstio
Artéria posterior
Hemocelas nos tecidos
Artéria ventral
Veia ventral
Capilares das brânquias

Figura 7.14 Representação esquemática do sistema circulatório aberto de um camarão; as setas vermelhas indicam o caminho da hemolinfa oxigenada nas brânquias, e as setas azuis, o retorno às brânquias da hemolinfa pobre em gás oxigênio. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Em animais como anelídeos, moluscos cefalópodes e cordados, os vasos formam um circuito fechado, constituindo o que se denomina **sistema circulatório fechado**. Nesses casos, o fluido circulatório é denominado **sangue**. À medida que as artérias se distanciam do coração, elas se ramificam progressivamente, tornando-se cada vez mais finas. Junto aos tecidos corporais, os vasos sanguíneos são tão finos que recebem o nome de **capilares sanguíneos**. A parede dos capilares tem apenas uma camada de células de espessura, o que permite a rápida difusão de substâncias nutrientes e gás oxigênio do sangue para as células. Gás carbônico e substâncias excretadas fazem o caminho inverso: penetram nos capilares e são levados pelo sangue. Os capilares reúnem-se e formam veias, que se fundem e aumentam de espessura conforme se aproximam do coração, para onde o sangue retorna. (Fig. 7.15)

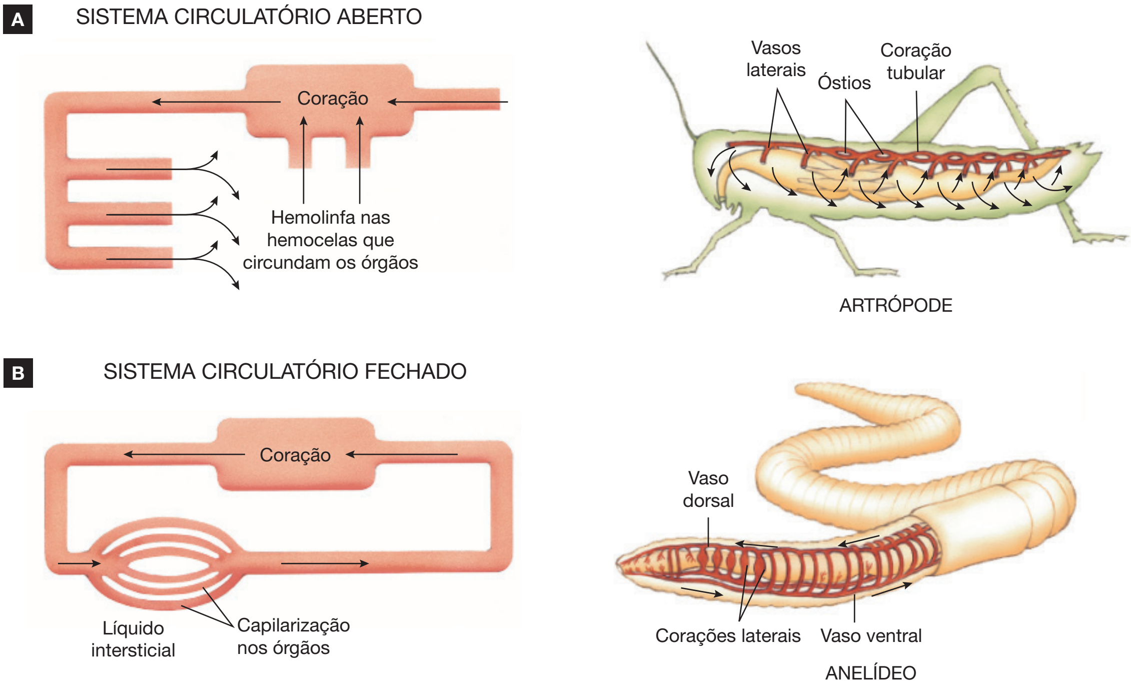

A
SISTEMA CIRCULATÓRIO ABERTO
Coração
Hemolinfa nas hemocelas que circundam os órgãos
Vasos laterais
Óstios
Coração tubular
ARTRÓPODE
B
SISTEMA CIRCULATÓRIO FECHADO
Coração
Líquido intersticial
Capilarização nos órgãos
Vaso dorsal
Corações laterais
Vaso ventral
ANELÍDEO

Figura 7.15 Representações esquemáticas de sistema circulatório aberto (em artrópode) (**A**) e de sistema circulatório fechado (em anelídeo) (**B**). (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: OSVALDO SEQUETIN

Amplie seus conhecimentos

Comparação entre sistemas circulatórios de vertebrados

Os sistemas circulatórios dos vertebrados seguem um mesmo plano básico de organização, mas apresentam variações que refletem a história evolutiva de cada grupo.

O coração dos peixes é o mais simples entre os vertebrados. Ele é composto basicamente de um **átrio** (ou aurícula) e um **ventrículo**, além de possuir um seio venoso e um cone arterioso desenvolvidos.

O sangue dos peixes faz um único circuito ao longo do corpo: coração → brânquias → órgãos corporais. Ao retornar ao coração, o sangue passa, em sequência, pelo seio venoso, átrio e ventrículo, completando o ciclo.

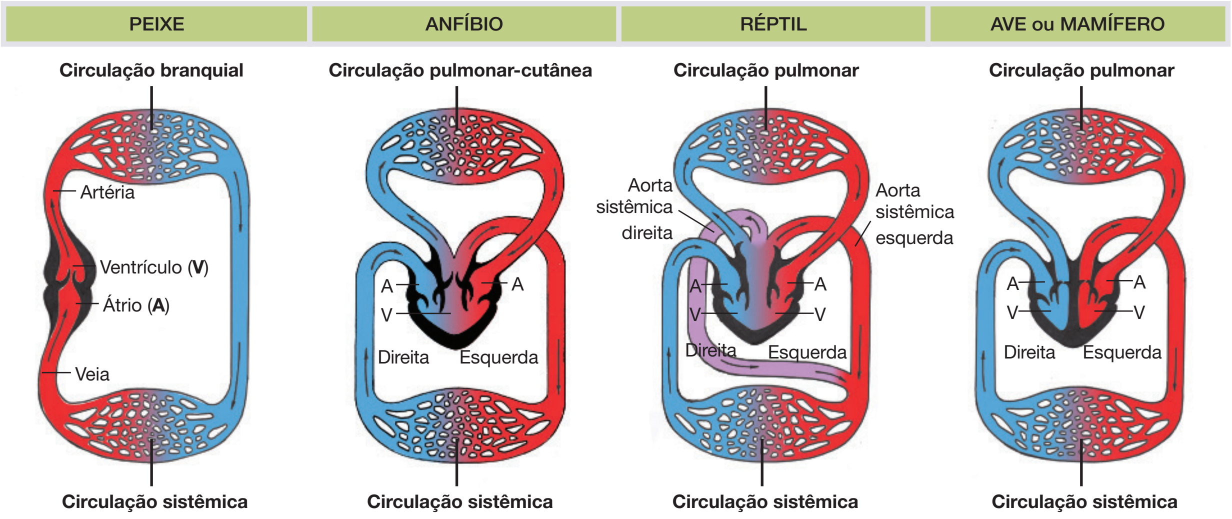
O coração das larvas de anfíbios é semelhante ao dos peixes. No entanto, no decorrer da metamorfose, os anfíbios desenvolvem um segundo átrio cardíaco, e o sangue passa a fazer dois circuitos pelo corpo. Em um deles, o sangue desoxigenado (com baixa concentração de gás oxigênio), concentrado no lado direito do ventrículo, é enviado aos pulmões e à pele, de onde volta oxigenado para o átrio esquerdo. No segundo ciclo, o sangue passa do átrio esquerdo para o lado esquerdo do ventrículo e é bombeado para as diversas partes do corpo, de onde retorna para o átrio direito. A ocorrência de mistura entre o sangue oxigenado proveniente do átrio esquerdo e o sangue desoxigenado proveniente do átrio direito é minimizada pela existência de trabéculas musculares no interior do ventrículo cardíaco.

O coração da maioria dos répteis (tartarugas, serpentes e diversos lagartos) possui dois átrios e um ventrículo parcialmente dividido por septos musculares, o que permite uma melhor separação entre o sangue oxigenado e o sangue desoxigenado. O sangue desoxigenado proveniente dos tecidos penetra no átrio direito, enquanto o sangue oxigenado proveniente dos pulmões penetra no átrio esquerdo; dos átrios, o sangue passa para o ventrículo. Com a contração ventricular, o sangue desoxigenado é impulsionado preferencialmente para a artéria pulmonar, que o encaminha para os pulmões; o sangue oxigenado, por sua vez, segue por duas aortas para as diversas partes do corpo.

Em répteis crocodilianos (crocodilos e jacarés), a separação entre os lados direito e esquerdo do ventrículo é completa, e o coração tem quatro câmaras cardíacas, como o de aves e o de mamíferos.

Em aves e mamíferos, o sangue desoxigenado proveniente dos tecidos penetra no átrio direito, ao mesmo tempo que o sangue oxigenado proveniente dos pulmões penetra no átrio esquerdo. A contração dos átrios impulsiona o sangue para os ventrículos (do átrio direito para o ventrículo direito; do átrio esquerdo para o ventrículo esquerdo). A contração conjunta dos ventrículos impulsiona o sangue para grandes artérias.

A artéria ligada ao ventrículo direito – **artéria pulmonar** – conduz sangue desoxigenado para os pulmões. A artéria ligada ao ventrículo esquerdo – **artéria aorta** – conduz sangue oxigenado para os órgãos corporais. Há uma diferença anatômica entre o sistema circulatório de aves e o de mamíferos: nas aves, a artéria aorta é voltada para a direita, enquanto nos mamíferos ela se volta para a esquerda. A circulação sanguínea dos mamíferos será estudada em detalhe no capítulo 10.



Comparação entre os sistemas circulatórios dos vertebrados, mostrando os caminhos do sangue oxigenado (em vermelho) e não oxigenado (em azul). (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

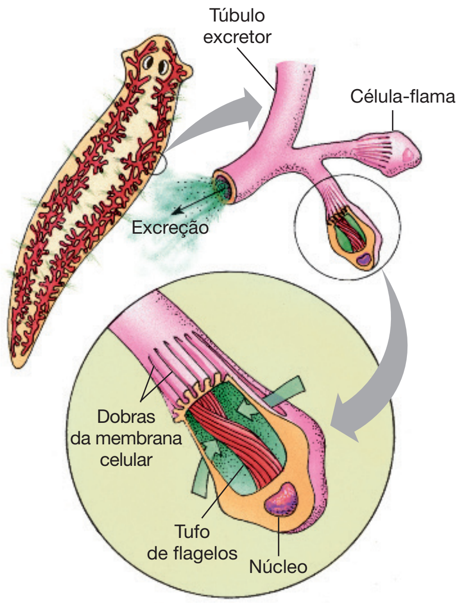


Figura 7.16 Esquema da organização do protonefrídio na planária. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

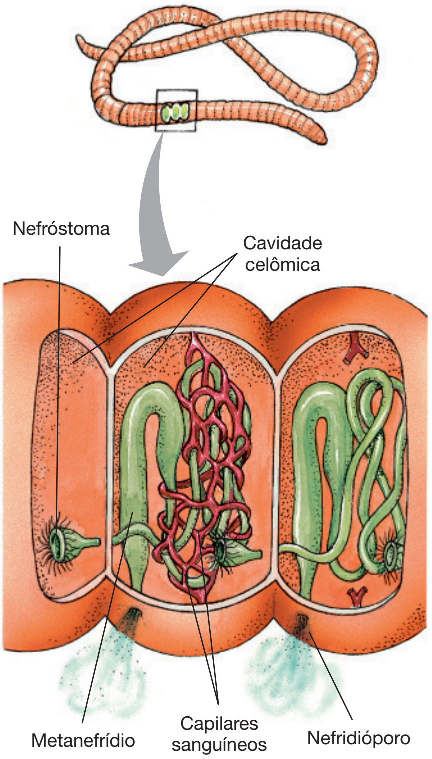


Figura 7.17 Representação esquemática da organização de metanefrídios da minhoca. No metâmero mais à direita não foram representados os capilares sanguíneos. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Sistemas excretores

A principal substância excretada pelas células animais é a **amônia** (NH_3), resultante da degradação de moléculas orgânicas ricas em nitrogênio, principalmente proteínas e ácidos nucleicos. Por ser muito tóxica, a amônia tem de ser rapidamente eliminada do corpo ou transformada em substâncias menos perigosas.

Animais aquáticos ou que vivem em ambientes úmidos, como minhocas e larvas de anfíbios (girinos), excretam amônia diretamente no ambiente. Mamíferos convertem a amônia em **ureia**, uma substância menos tóxica mas que, por ser bastante solúvel, demanda um volume de água relativamente grande para ser eliminada. Insetos, répteis e aves convertem a amônia em **ácido úrico**, substância pouco tóxica e com baixa solubilidade em água; com isso, a eliminação pode ocorrer em uma urina muito concentrada. A urina de aves e répteis, por exemplo, é uma massa esbranquiçada de consistência pastosa, eliminada juntamente com as fezes.

De acordo com o tipo de substância nitrogenada predominante na excreção, os animais são classificados em **amoniotélicos** (excretam principalmente amônia), **ureotélicos** (excretam principalmente ureia) e **uricotélicos** (excretam principalmente ácido úrico).

Tipos de sistemas excretores

Poríferos e cnidários, animais em que praticamente todas as células estão em contato direto com a água do ambiente, eliminam a amônia por simples difusão através das membranas celulares. Todos os outros animais têm sistemas excretores que participam na eliminação de substâncias tóxicas ou indesejáveis do organismo.

Em muitos animais, o sistema excretor está mais relacionado com o controle da osmose do que com a eliminação de substâncias inúteis – excreções ou excretas – produzidas no metabolismo. A **osmorregulação** consiste em manter estável a pressão osmótica exercida pelos fluidos corporais, por meio do controle ativo de absorção de água e da eliminação de sais.

Platelmintos apresentam sistema excretor constituído por **protonefrídios**. Essas estruturas são compostas por uma célula flagelada – **célula-flama** ou solenócito – que absorve água e sais dos espaços intercelulares e lança essas substâncias em túbulos excretores, que se abrem em poros excretores localizados na superfície corporal. (Fig. 7.16)

Em nematódeos marinhos, os íons, as excreções nitrogenadas e outras substâncias indesejáveis são lançados no líquido do pseudoceloma. Parte dessas substâncias, principalmente as excreções nitrogenadas, é eliminada por simples difusão através da parede intestinal. Já os íons indesejáveis são eliminados por dois dutos excretores dispostos ao longo das laterais do corpo.

Anelídeos e moluscos têm órgãos excretores chamados **metanefrídios**, que consistem de um tubo aberto nas duas extremidades, uma das quais é alargada, formando um funil ciliado, o nefróstoma. A outra extremidade é estreita, constituindo o nefridióporo, ou poro excretor. Moluscos apresentam de um a sete pares de metanefrídios, cujos nefróstomas se abrem na cavidade que envolve o coração, o pericárdio, removendo excreções e conduzindo-as até poros excretores, que se abrem na superfície do corpo. Anelídeos, como a minhoca, têm um par de metanefrídios por segmento corporal, cada um deles abrindo-se em um nefridióporo situado na parede lateral do segmento; o nefróstoma de cada nefrídio abre-se no celoma do segmento imediatamente anterior, de onde remove as excreções. (Fig. 7.17)

Artrópodes podem apresentar diferentes tipos de órgãos excretores. Em crustáceos, por exemplo, a excreção ocorre por meio de duas glândulas homólogas a metanefrídios, que se abrem na base das antenas e por isso são denominadas **glândulas antenais** (ou glândulas verdes). Na maioria das espécies de aranha, a excreção é realizada por glândulas excretoras localizadas na base das pernas, as chamadas **glândulas coxais**, que funcionam de modo semelhante às glândulas antenais dos crustáceos. (Fig. 7.18)

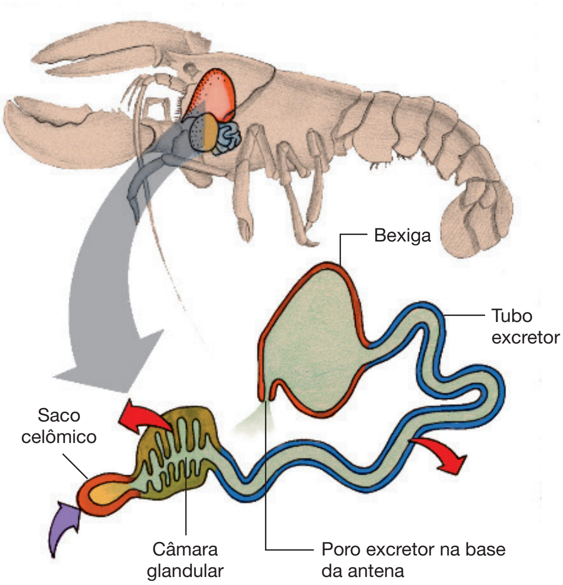


Figura 7.18 Representação esquemática da estrutura da glândula antenal de crustáceo. A seta de cor roxa indica a absorção de substâncias da hemolinfa, e as setas em vermelho indicam a reabsorção de substâncias úteis do filtrado glandular. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Insetos, miriápodes (quilópodes e diplópodes) e algumas espécies de aranha eliminam suas excreções por meio de **túbulos de Malpighi**, que são estruturas tubulares alongadas presentes na hemocela, em contato direto com a hemolinfa. Uma das extremidades de cada túbulo de Malpighi é fechada, e a outra se abre na região mediana do intestino. Os túbulos filtram a hemolinfa, removendo as excreções e lançando-as no intestino, de onde são eliminadas com as fezes. (Fig. 7.19)

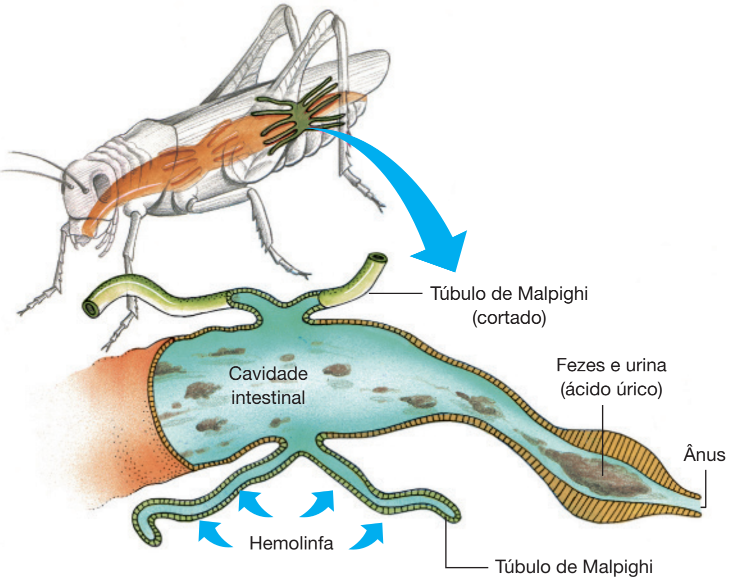


Figura 7.19 Representação esquemática da estrutura de túbulos de Malpighi de um inseto. Essas estruturas absorvem excreções e sais da hemolinfa (setas), eliminando-os no intestino. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

As estruturas excretoras dos vertebrados, os **néfrons**, organizam-se em órgãos denominados **rins**. O néfron é um tubo especializado que envolve um pequeno novelo de capilares sanguíneos – o glomérulo –, de onde as excreções são retiradas e conduzidas até canais excretores que se abrem numa bexiga urinária ou diretamente para fora do corpo. Mais detalhes sobre a estrutura e o funcionamento dos néfrons serão vistos no capítulo 10 deste livro.

ILUSTRAÇÕES: OSVALDO SEQUETIN

ATIVIDADES

Revendo conceitos, fatos e processos

Registre em seu caderno

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 1 a 7.

a) acelomado
b) celomado
c) deuterostômio
d) diblástico
e) protostômio
f) pseudocelomado
g) triblástico

1. Um animal com três folhetos germinativos e sem cavidade corporal é denominado (▬). 1. a

2. O termo (▬) é usado para designar animais cujos embriões apresentam apenas dois folhetos germinativos. 2. d

3. Um animal em que o blastóporo origina a boca é chamado (▬). 3. e

4. Um animal que possui cavidade corporal interna parcialmente revestida por mesoderma é (▬). 4. f

5. O termo (▬) designa animais em que a cavidade corporal interna é totalmente revestida por mesoderma. 5. b

6. Um animal cujo embrião apresenta três folhetos germinativos é chamado (▬). 6. g

7. O termo (▬) designa animais em que o blastóporo origina o ânus. 7. c

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 8 a 12.

a) respiração branquial
b) respiração celular
c) respiração cutânea
d) respiração pulmonar
e) respiração traqueal

8. A (▬) é realizada por muitos animais aquáticos, por meio de órgãos filamentosos externos ricamente vascularizados. 8. a

9. Animais em que as trocas gasosas com o ambiente ocorrem através de toda a superfície corporal, e não apenas em áreas especializadas, têm (▬). 9. c

10. O processo metabólico em que moléculas orgânicas reagem com gás oxigênio, produzindo gás carbônico e água e liberando energia para as atividades vitais, é a (▬). 10. b

11. (▬) é um processo de trocas gasosas em que o ar atmosférico chega diretamente aos tecidos corporais por meio de um sistema de túbulos ramificados. 11. e

12. A (▬) é realizada por diversos animais de terra firme, em órgãos ricamente vascularizados internos ao corpo. 12. d

13. O termo "explosão cambriana" refere-se a qual evento ocorrido no início do período Cambriano? 13. b

a) Intensa atividade vulcânica.
b) Rápido aparecimento de uma grande diversidade de animais.
c) Grande onda de extinções.
d) Surgimento dos primeiros animais multicelulares.

14. A comparação entre genomas de espécies animais atuais tem levado os biólogos a concluir que os genes determinantes do padrão básico de organização corporal são 14. d

a) muito diferentes entre invertebrados e vertebrados.
b) muito semelhantes apenas entre os cordados.
c) muito diferentes entre animais protostômios e animais deuterostômios.
d) muito semelhantes entre todos os animais.

15. Um animal protostômio sempre 15. c

a) é acelomado.
b) tem simetria radial.
c) tem a boca originada do blastóporo.
d) é diblástico.

16. O arquêntero é uma cavidade presente no embrião de animais 16. a

a) diblásticos e triblásticos.
b) pseudocelomados e celomados, apenas.
c) pseudocelomados, apenas.
d) celomados, apenas.

Para responder às questões 17 a 19, utilize as alternativas a seguir, que sumarizam circuitos sanguíneos de vertebrados. Escreva, em seu caderno, a alternativa correta.

a) Ventrículo → brânquias → sistemas corporais → átrio
b) Ventrículo → sistemas corporais → brânquias → átrio
c) Ventrículo direito → pulmões → átrio esquerdo → ventrículo esquerdo → sistemas corporais → átrio direito.
d) Ventrículo → sistemas corporais → átrio esquerdo → pulmões → átrio direito → ventrículo.
e) Ventrículo → pulmões e pele → átrio esquerdo → ventrículo → sistemas corporais → átrio direito

17. Qual das alternativas indica corretamente a circulação em uma ave? 17. c

18. Qual das alternativas indica corretamente a circulação em um peixe? 18. a

19. Qual das alternativas indica corretamente a circulação em um anfíbio adulto? 19. e

20. Animais tipicamente de terra firme apresentam respiração 20. c

a) branquial ou pulmonar.
b) cutânea ou branquial.
c) pulmonar ou traqueal.
d) traqueal ou cutânea.

Questões para exercitar o pensamento

Registre em seu caderno

21. Suponha que você encontre a seguinte notícia em um jornal: "Cientista descobre primeiro porífero de terra firme". Argumente, com base nas características das esponjas, que a notícia não pode ser verdadeira.

22. Para um animal, quais são as possíveis vantagens adaptativas de ter corpo segmentado? Em quais filos essa característica está presente?

23. Elabore uma tabela que relacione os nove grupos de animais estudados no livro e as características listadas a seguir.

a) Sistema digestório.
b) Tipo de digestão.
c) Sistema circulatório.
d) Tipo de fluido circulatório.
e) Sistema respiratório.
f) Sistema excretor.

Faça você mesmo!

Registre em seu caderno

24. Divulgação científica: É eticamente aceitável utilizar animais em pesquisas científicas?

Um grande número de animais é utilizado em laboratórios de ensino e de pesquisa científica em todo o mundo. Na área médica, utilizam-se principalmente mamíferos (ratos, camundongos, cães, gatos e macacos, entre outros) para testar técnicas e substâncias que podem dar origem a tratamentos para doenças humanas. Algumas entidades de defesa dos animais têm criticado o sacrifício indiscriminado de animais de laboratório. A organização AWI (Animal Welfare Institute; Instituto do Bem-estar Animal, em inglês), por exemplo, tem como um de seus principais objetivos melhorar as condições de acomodação e de manipulação dos animais experimentais, reduzindo o desconforto, a dor, o medo, o estresse e o sofrimento a que estão submetidos.

Nesta atividade, você vai expor sua opinião sobre a utilização de animais em pesquisas científicas. A primeira providência é informar-se sobre o assunto: visite *sites* de organizações que tratam do tema, busque por reportagens relacionadas e troque ideias com seus colegas e parentes. Após ter formado uma opinião bem embasada sobre o assunto, pesando tanto argumentos contra quanto a favor da utilização de animais em pesquisas, elabore um cartaz, em tamanho grande, com imagens e textos curtos e impactantes, deixando clara a sua posição.

A Biologia no vestibular e no Enem

Registre em seu caderno

Questões objetivas

1. (Vunesp) Nefrídios, células-flama e túbulos de Malpighi são, respectivamente, órgãos excretores dos 1. e

a) equinodermos, platelmintos e insetos.
b) platelmintos, moluscos e insetos.
c) anelídeos, moluscos e insetos.
d) moluscos, platelmintos e equinodermos.
e) anelídeos, platelmintos e insetos.

2. (UFSM-RS) Um zoólogo recebe, para classificar, um animal vermiforme, desconhecido. Após estudar os aspectos anatômicos e histológicos, o pesquisador verifica que o exemplar possui certas características: uma grande cavidade entre a parede do corpo e o sistema digestivo, tubo digestivo completo e tecidos de origem mesodérmica. Essas características **excluem** a possibilidade de o animal ser classificado entre os 2. c

a) Annelida.
b) Platyhelminthes.
c) Nematoda.
d) Holothuroidea.
e) Gimnophiona (Apoda).

3. (Unicamp-SP) Para suprirem suas células com oxigênio e removerem o gás carbônico dos tecidos, os animais realizam trocas gasosas com o ambiente, processo denominado respiração. Na tabela abaixo estão listados 4 grupos de animais e 4 tipos de respiração.

Grupo de animais	Tipo de respiração
I Poríferos	A Branquial
II Crustáceos	B Traqueal
III Insetos	C Cutânea
IV Répteis	D Pulmonar

As relações corretas entre os grupos de animais mencionados à esquerda e os tipos de respiração mencionados à direita são: 3. a

a) IC; IIA; IIIB; IVD.
b) IB; IIA; IIIC; IVD.
c) IA; IIB; IIIC; IVD.
d) IC; IID; IIIA; IVB.

4. (Vunesp) Excreção nada mais é que um processo de remoção de substâncias tóxicas, realizado por estruturas especializadas. A alternativa que **não** apresenta correspondência entre o animal e a estrutura excretora respectiva é a 4. b

a) paramécio, vacúolo contrátil.
b) planária, nefrídio.
c) gafanhoto, túbulos de Malpighi.
d) caranguejo, glândulas antenares.
e) sapo, rim.

5. (PUC-SP) Um animal é triblástico, apresenta simetria radial, trato digestivo completo, mas não apresenta órgãos excretores nem segmentação. Trata-se de um 5. a

a) equinodermo.
b) celenterado.
c) porífero.
d) molusco.
e) anelídeo.

6. (Ceeteps-SP) Os sistemas respiratórios de minhocas, baratas, peixes e cobras são, respectivamente: 6. e

a) traqueal, cutâneo, branquial, pulmonar.
b) traqueal, traqueal, branquial, pulmonar.
c) cutâneo, cutâneo, branquial, branquial.
d) cutâneo, traqueal, pulmonar, pulmonar.
e) cutâneo, traqueal, branquial, pulmonar.

7. (PUC-Campinas-SP) Dos animais abaixo, caracterizam-se por apresentar metâmeros 7. d

a) as planárias.
b) os nematoides.
c) os caramujos.
d) os camarões.
e) os pepinos-do-mar.

8. (UFC-CE) Na história evolutiva dos animais, destaca-se o aparecimento das seguintes características: simetria bilateral, presença de três folhetos germinativos, cavidade digestória completa com boca e ânus, cavidade corporal e metameria. Com relação à ocorrência destas características entre os diversos grupos animais, qual é a alternativa correta? 8. a

a) Todos os animais com metameria apresentam cavidade corporal e simetria bilateral.
b) Todos os animais com simetria bilateral apresentam metameria e três folhetos germinativos.
c) Todos os animais com cavidade corporal apresentam três folhetos germinativos e metameria.
d) Todos os animais com cavidade digestória completa apresentam simetria bilateral e metameria.
e) Todos os animais com três folhetos germinativos apresentam cavidade digestória completa e cavidade corporal.

9. (UFMS) Quando um determinado organismo é triblástico, celomado, com simetria bilateral e o corpo segmentado em metâmeros, é correto afirmar que esse animal pertence ao filo 9. a

a) Annelida.
b) Porifera.
c) Nematoda.
d) Platyhelminthes.
e) Cnidaria.

10. (UEL-PR) Se o blastóporo de uma gástrula originar o ânus do futuro animal, este poderá ser 10. a

a) um ouriço-do-mar.
b) um gafanhoto.
c) uma minhoca.
d) um coral.
e) uma esponja.

Questões discursivas

11. (Unicamp-SP) Existem quatro tipos de sistemas para trocas gasosas nos animais: (a) branquial, (b) pulmonar, (c) traqueal e (d) através da superfície do corpo.

a) Quais desses sistemas captam o O_2 dissolvido na água e quais captam o O_2 do ar?
b) Associe os tipos de sistemas aos seguintes animais: minhoca, barata, camarão e medusa.
c) Os sapos, na fase adulta, apesar de respirarem por pulmões, podem obter cerca de 25% do oxigênio necessário por outro meio. Cite esse meio.

12. (Fuvest-SP) A tabela ao lado reúne algumas características de quatro animais não cordados A, B, C e D.

Quais podem ser, respectivamente, os animais A, B, C e D?

Animal	Sistema digestório	Sistema circulatório	Sistema respiratório	Sistema excretor	Hábitat
A	Incompleto	Ausente	Ausente	Solenócito (célula-flama)	Aquático
B	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Aquático
C	Completo	Aberto	Traqueal	Túbulo de Malpighi	Terrestre
D	Completo	Fechado	Ausente	Nefrídio	Terrestre

Capítulo 8 Animais invertebrados

LUCIANO COCA/ESTADÃO CONTEÚDO

O estudo da diversidade dos invertebrados pode ser bastante desafiador pela quantidade de informações e características de cada grupo. Dessa forma, seria interessante ter como ponto de partida o conhecimento prévio dos alunos. Sugerimos fazer um levantamento dos invertebrados que os alunos conhecem e propor uma atividade inicial em que eles agrupem os animais semelhantes e levantem algumas características marcantes de cada grupo. Assim, durante o estudo do capítulo, o conhecimento prévio pode ser reforçado ou corrigido, tornando o aprendizado mais significativo.

Prato de farofa misturada com formigas-saúva (também chamadas de içás) fritas, servido em um restaurante. O costume de consumir essa iguaria foi herdado de indígenas e se mantém em alguns municípios, como Silveiras, no interior de São Paulo.

Pequeno passeio gastronômico pelo reino Animal

É interessante notar que, quanto mais “subimos” na árvore evolutiva dos animais, mais “comestíveis” eles são. Vejamos. Pelo que se sabe, ninguém come os representantes do filo Porifera – esponjas –, nem mesmo os das espécies macias e flexíveis (pois muitos têm consistência calcária!). Diz-se que o mais próximo da gastronomia a que chegaram as esponjas foi com os antigos romanos, que as encharcavam de vinho e as espremiam para beber, em um gesto de ostentação de nobreza.

Cnidários, com certeza, estão muito longe de ser bons quitutes; anêmonas-do-mar e águas-vivas, apesar de seu aspecto “carnoso” ou gelatinoso, são dotadas de células urticantes, que queimam ao menor contato.

Continuando a “subir” na escala evolutiva, não se tem notícia de nenhum povo do mundo que utilize platelmintos ou nematoides como alimento. Pelo contrário, são eles que se alimentam de nós, parasitando nosso intestino, fígado e outros órgãos.

Com o filo Annelida, as coisas começam a mudar. Sabe-se que os povos orientais, famosos por sua culinária exótica, consomem minhocas há muito tempo, combinando-as em receitas de carne para complementar as proteínas da dieta e obter sabores inusitados. Em Samoa, arquipélago do Pacífico Sul, a época de reprodução do anelídeo marinho conhecido como palolo (*Eunice viridis*) é ansiosamente aguardada; conta-se que, em noites de luar, na estação reprodutiva do palolo, a superfície do mar fica coalhada de abdomes dos vermes, repletos de ovos. Eles são, então, capturados por nativos e turistas, que os consomem crus ou levemente grelhados.

No filo Mollusca, a edibilidade, isto é, a qualidade de ser comestível, atinge um grau bem mais elevado. Moluscos não são apenas comestíveis, mas muito apreciados nos diversos níveis da gastronomia. Veja se você conhece ou já provou algum destes quitutes: mariscos, ostras, mexilhões e vieiras, representantes dos bivalves; caracóis e *escargots*, representantes dos gastrópodes; lulas, polvos e calamares, representantes dos cefalópodes.

E os representantes do filo Arthropoda? Nem todos são comestíveis, é verdade, mas o grupo dos crustáceos reúne alguns dos alimentos marinhos mais celebrados na alta gastronomia: camarões e lagostas; poucos não apreciam seu sabor exótico, delicado e peculiar. Aracnídeos, apesar de venenosos e de seu aspecto intimidador, não deixam de ser degustados por alguns povos. No Camboja, comem-se tarântulas assadas; escorpiões fritos também são uma iguaria em Cingapura. Os insetos, em particular, são muito apreciados por diversos povos; os destaques ficam para as gordas larvas fritas de mariposa, as formigas gigantes cobertas de chocolate, os grilos crocantes recheados de ovos e os besouros gigantes que, depois de assados, acredite se quiser!, têm o mesmo sabor delicado das vieiras. No início do século XX, içás – formigas-saúvas rainhas, com o abdome cheio de ovos – torradas e salgadas eram vendidas em frente ao Teatro Municipal de São Paulo. No interior do Brasil, ainda hoje, farofa de içá é um prato muito apreciado e consumido; o escritor Monteiro Lobato referia-se a ele como “caviar”.

Nosso último “prato” de hoje: o filo Echinodermata. Quem aprecia a culinária japonesa conhece ou já deve ter provado ovas de ouriço-do-mar em um *sushi*. Na China e no sul da Ásia, os equinodermos mais apreciados são as holotúrias, ou pepinos-do-mar. Esses animais são fervidos, desidratados e comercializados secos. Depois de reidratados, são utilizados em sopas e outros pratos; os *experts* da gastronomia oriental recomendam as holotúrias, ou *bêches-du-mer*, por seu sabor exótico e suas supostas propriedades afrodisíacas.

A importância do assunto

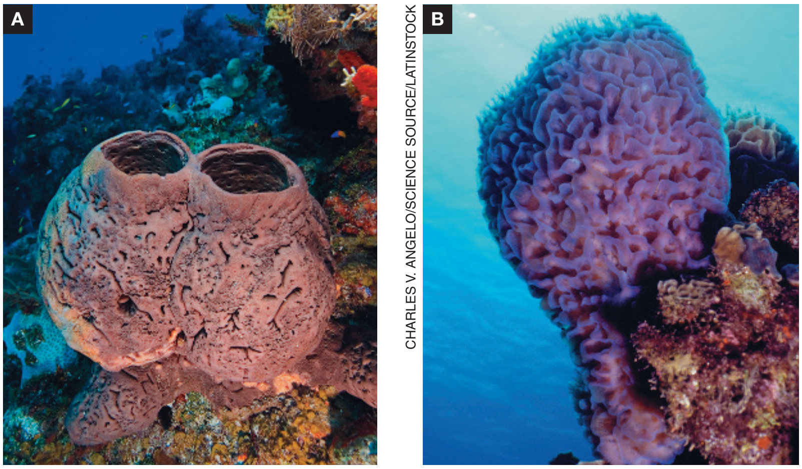
Neste capítulo mostramos um painel dos principais filos de animais invertebrados. No passeio gastronômico dessa apresentação, a intenção foi mostrar nossa proximidade com diversos grupos de animais. Esse é um dos motivos para conhecê-los, mas não o único. Ao estudar as relações evolutivas entre os animais, reconhecemos suas estratégias adaptativas, muitas das quais compartilhamos.

Encare o estudo sistemático dos animais como um desafio. Ao estudar cada filo, procure sempre ter em mente os organismos daquele grupo que você conhece melhor. Compare as diferentes estratégias de cada grupo animal na solução dos problemas de sobrevivência. Conheça, também, alguns animais que podem causar doenças e as formas de evitá-las.

8.1 Filo Porifera (poríferos ou esponjas)

Características gerais

A maioria dos **poríferos** ou **esponjas** (filo Porifera) tem poucos centímetros de tamanho, mas há espécies que chegam a atingir entre 1 m e 2 m de altura. A consistência corporal varia; alguns poríferos são moles e frágeis, enquanto outros são rígidos e podem ser confundidos com rochas. A maioria das esponjas tem corpo assimétrico, mas algumas têm forma de vaso, com simetria radial. As cores variam: cinza, vermelha, amarela, laranja e violeta. (Fig. 8.1)



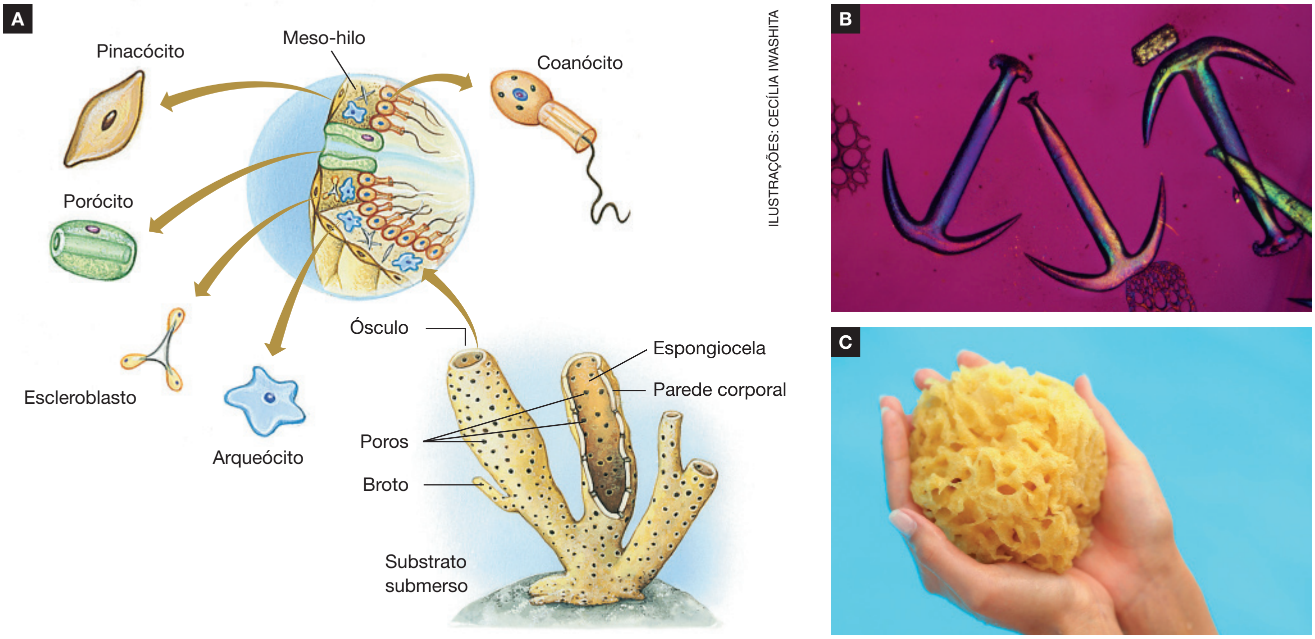
MASA USHIODA/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

CHARLES V. ANGELO/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

Figura 8.1 Exemplos de poríferos. **A.** Esponja tubular *Agelas conifera*, que pode medir 50 cm de altura. **B.** Esponja vaso-azul (*Callyspongia plicifera*), que pode atingir cerca de 25 cm de altura.

As esponjas são animais filtradores; a água penetra em seus corpos por inúmeros poros microscópicos, entra em cavidades denominadas espongiocelas e sai por grandes aberturas chamadas ósculos (do latim *osculum*, diminutivo de “boca”). As espongiocelas são revestidas por **coanócitos**, células dotadas de flagelos cujo batimento é responsável pela movimentação da água pelo corpo da esponja. Os coanócitos também fagocitam e iniciam a digestão das partículas alimentares que nutrem o animal.

Outros tipos de célula presentes nas esponjas são: os porócitos, nos quais se localizam os poros da parede do corpo; os pinacócitos, que revestem externamente o corpo do animal e, em certos casos, alguns canais internos; os amebócitos ou arqueócitos, que completam a digestão iniciada nos coanócitos e distribuem nutrientes para as diversas células corporais, além de ter a capacidade de originar todos os outros tipos de célula da esponja; os espongioblastos e os escleroblastos, que formam os elementos de sustentação esquelética da esponja: **fibras** da proteína espongina, semelhante ao colágeno, e **espículas**, estruturas minerais que podem ser compostas de sílica (SiO_2) ou de carbonato de cálcio ($CaCO_3$). (Fig. 8.2)



ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

DR. CECIL H. FOX/SCIENCE SOURCE/DIOMEDIA

AGEFOTOSTOCK/AGB PHOTO LIBRARY/
KEYSTONE BRASIL

Figura 8.2 A. Representação esquemática da organização celular de uma esponja, mostrando os principais tipos de célula. O meso-hilo é uma fina matriz gelatinosa localizada entre o revestimento externo de pinacócitos e a camada interna de coanócitos; é no meso-hilo onde ficam os elementos de sustenção esquelética e onde se deslocam os arqueócitos. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) **B.** Fotomicrografia de espículas. (Microscópio fotônico; aumento $\approx 400\times$; cores artificiais.) **C.** Esqueleto flexível constituído de fibras de espongina, com 15 cm de diâmetro, até hoje utilizado como esponja de banho. As espículas e as fibras de espongina são produzidas por células do meso-hilo denominadas, respectivamente, escleroblastos e espongioblastos.

Reprodução e ciclo de vida

Muitas esponjas reproduzem-se assexuadamente por fragmentação. A maioria das espécies também se reproduz por brotamento, que consiste na formação de expansões do corpo – os **brotos** –, que crescem e depois se separam do organismo genitor, passando a constituir novos indivíduos. Em muitas espécies também há brotamento sem posterior separação dos brotos, o que leva à formação de colônias de esponjas.

Algumas esponjas de água doce formam **gêmulas**, estruturas resistentes ao frio e à dessecação, constituídas de uma massa de arqueócitos envolta por uma camada espessa de espongina e de espículas.

A maioria das esponjas é **monoica** ou hermafrodita: o mesmo indivíduo (ou colônia) produz gametas de ambos os sexos. Há também espécies **dioicas**, com indivíduos produtores de óvulos (fêmeas) e indivíduos produtores de espermatozoides (machos).

Os gametas são originados pelos arqueócitos e coanócitos. A fecundação é geralmente externa, e os zigotos formados desenvolvem-se em larvas ciliadas. Nas espécies com fecundação interna, esponjas-machos liberam espermatozoides, que penetram em esponjas-fêmeas pelos porócitos e são capturados pelos coanócitos. Com isso, os gametas masculinos são levados até os óvulos, alojados no meso-hilo da fêmea. A fecundação origina um zigoto, que se desenvolve na parede corporal da esponja-fêmea até formar uma larva ciliada, que é liberada. (Fig. 8.3)

SIMONKA

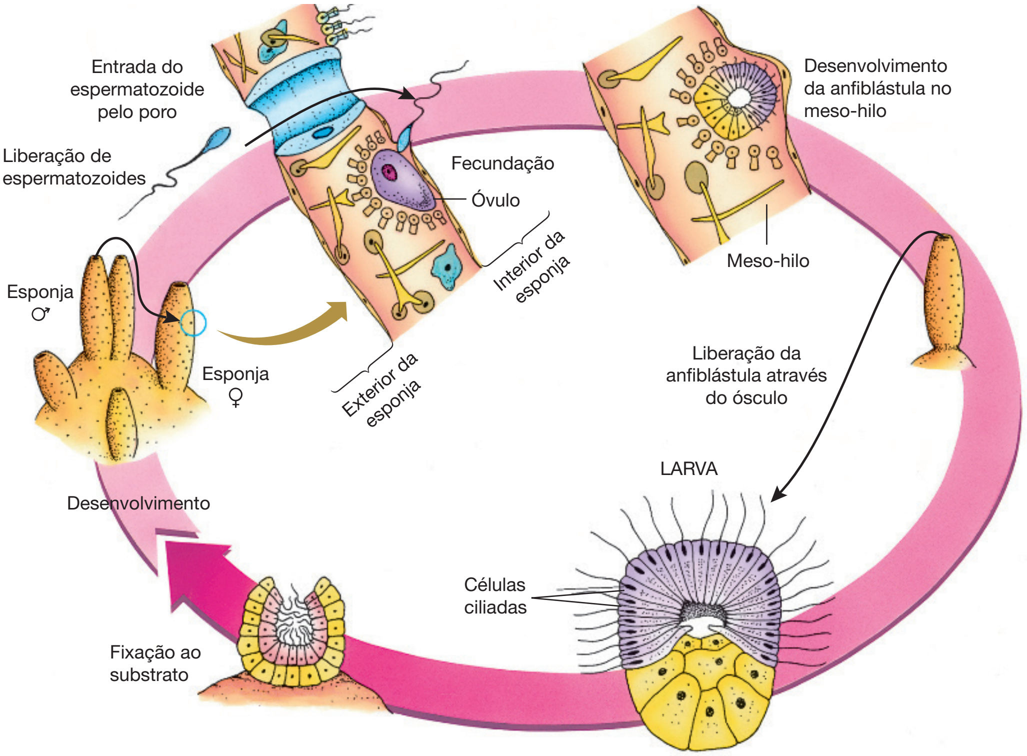

Entrada do espermatozoide pelo poro
Liberação de espermatozoides
Desenvolvimento da anfiblástula no meso-hilo
Fecundação
Óvulo
Interior da esponja
Meso-hilo
Esponja ♂
Esponja ♀
Exterior da esponja
Liberação da anfiblástula através do ósculo
LARVA
Desenvolvimento
Células ciliadas
Fixação ao substrato

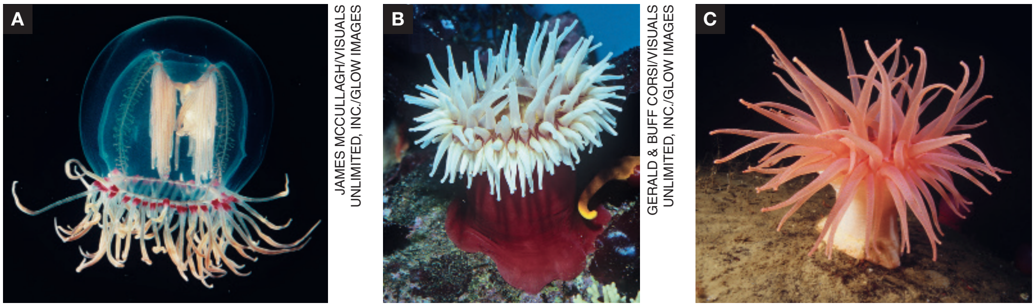
Figura 8.3 Representação esquemática do ciclo de vida de um porífero. Quando a larva apresenta uma cavidade interna como a da ilustração, ela é chamada **anfiblástula**. Quando a larva é maciça, é denominada **parenquimela** ou parenquímula. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

8.2 Filo Cnidaria (cnidários)

Características gerais

Os **cnidários** (filo Cnidaria) são animais conhecidos por quem frequenta praias e litorais marinhos. Os recifes e bancos de corais, ambientes marinhos em que vivem diversas espécies de animais, são formados por cnidários. Outros cnidários conhecidos são as anêmonas-do-mar e as águas-vivas, cujos tentáculos podem causar fortes irritações na pele de banhistas. O nome do filo – Cnidaria (do grego *knide*, urtiga) – deriva justamente da propriedade urticante característica desses animais.

O filo Cnidaria reúne animais aquáticos de corpo mole e gelatinoso, com cerca de 10 mil espécies descritas, a maioria marinha. As poucas espécies que vivem em lagos e rios de água doce e limpa pertencem ao mesmo grupo, Hydrozoa. O tamanho varia desde dimensões microscópicas ou poucos milímetros em certos pólipos, até mais de 2 m de diâmetro nas medusas gigantes, cujos tentáculos podem atingir 30 m de comprimento. (Fig. 8.4)



JAMES MCCULLAGH/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

GERALD & BUFF CORSI/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

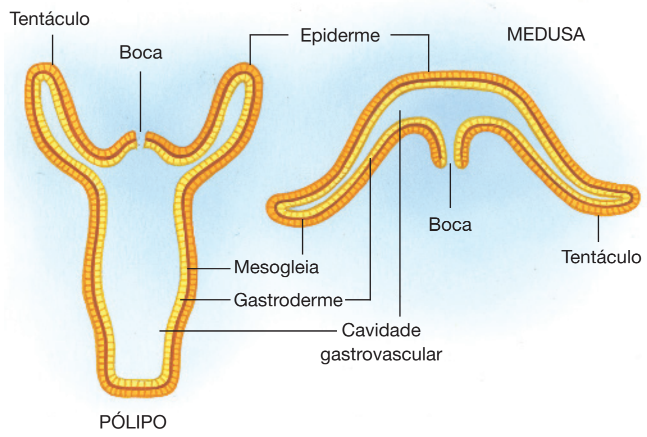
DAVID WROBEL/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 8.4 Exemplos de cnidários. **A.** Medusa *Polyorchis* sp., que tem cerca de 6 cm de diâmetro. **B.** Pólipo de *Urticina piscivora*, que pode atingir 20 cm de altura. **C.** Pólipo de *Cribrinopsis fernaldi*, com cerca de 35 cm de altura.

Cnidários são carnívoros, mas algumas espécies de hidra e de corais mantêm uma relação de troca de benefícios (endossimbiose) com algas unicelulares fotossintetizantes que vivem dentro das células dos cnidários, as quais se aproveitam dos nutrientes produzidos pelas algas.

Nos cnidários há dois padrões básicos de organização corporal: pólipo e medusa. A forma de **pólipo**, ou polipoide, lembra um cilindro com a base fixada a um objeto submerso e o topo livre, no qual se situam a boca e os tentáculos. A forma de **medusa**, ou medusoide, lembra um guarda-chuva com a boca situada em posição central, na face côncava do animal. Ao redor da boca e nas bordas do corpo pode haver tentáculos.

O corpo de um cnidário é constituído basicamente de duas superfícies epiteliais: a **epiderme**, que reveste externamente o animal, e a **gastroderme**, que delimita a cavidade gastrovascular. Entre elas situa-se a **mesogleia**, uma camada com fibras e células que pode ser muito fina, como em alguns pólipos, ou formar uma massa gelatinosa espessa e translúcida, como em certas águas-vivas. (Fig. 8.5)


Tentáculo
Boca
Epiderme
MEDUSA
Boca
Tentáculo
Mesogleia
Gastroderme
Cavidade gastrovascular
PÓLIPO

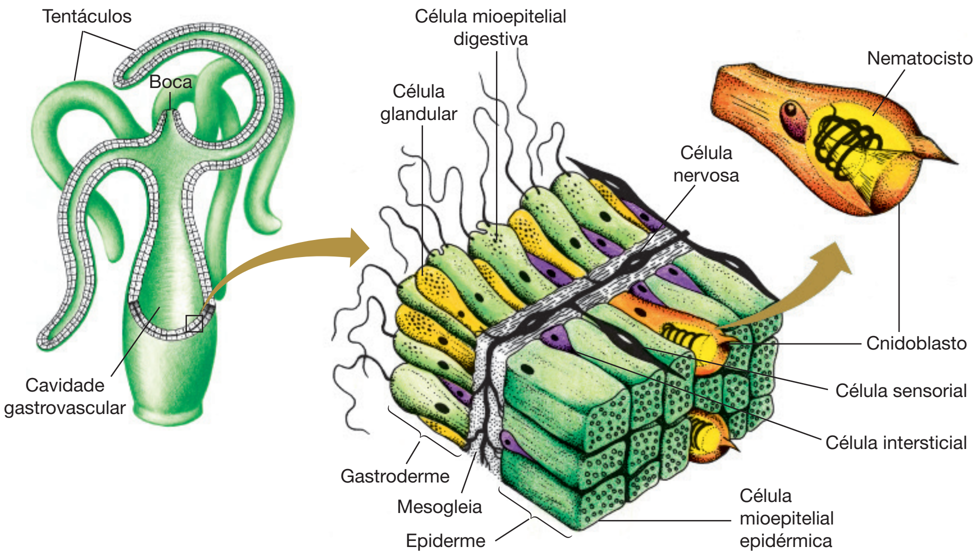
CECÍLIA IWASHITA

Figura 8.5 Representação esquemática das duas formas corporais dos cnidários, pólipo e medusa. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Tanto na epiderme quanto na gastroderme estão presentes **células mioepiteliais**, cuja contração permite a movimentação do corpo do animal. As células mioepiteliais da gastroderme também têm função digestiva, pois elas fagocitam partículas de alimento e são responsáveis pela digestão intracelular, que completa a digestão extracelular ocorrida na cavidade gastrovascular.

Outros tipos de célula presentes nos cnidários são: **células intersticiais**, capazes de se diferenciar em qualquer um dos outros tipos celulares; **células glandulares**, que secretam muco e enzimas digestivas; **células sensoriais**, que captam estímulos ambientais e os transmitem à rede de células nervosas presente na mesogleia (sistema nervoso difuso).

As células mais típicas dos cnidários localizam-se na epiderme e são os **cnidoblastos**, ou células urticantes, que contêm uma cápsula ovoide, o **nematocisto**, dentro do qual há um filamento enovelado e substâncias tóxicas urticantes. (Fig. 8.6)


Tentáculos
Boca
Cavidade gastrovascular
Célula mioepitelial digestiva
Célula glandular
Célula nervosa
Nematocisto
Cnidoblasto
Célula sensorial
Célula intersticial
Gastroderme
Mesogleia
Epiderme
Célula mioepitelial epidérmica

SIMONKA

Figura 8.6 Representação esquemática da estrutura celular da *Hydra* sp., um pólipo de água doce. No detalhe à direita, um cnidoblasto, célula urticante. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Na região do cnidoblasto voltada para o exterior há uma expansão em forma de dente que dispara o nematocisto ao toque ou na presença de determinadas substâncias químicas estimulantes. O disparo consiste na abertura rápida da cápsula do nematocisto, com desenrolamento do filamento urticante e liberação do líquido tóxico. Depois de descarregado, o cnidoblasto degenera; novos cnidoblastos são produzidos por diferenciação de células intersticiais.

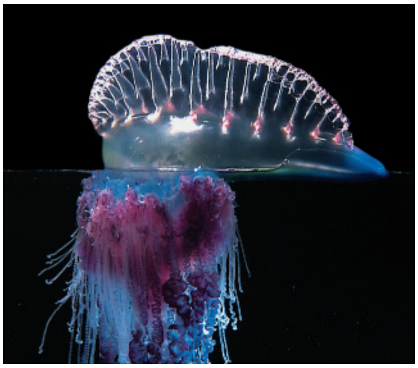

WHOI/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 8.7 Caravela *Physalia physalis*, cujo pólipo flutuador é colorido e pode chegar a 30 cm de comprimento; seus tentáculos podem ter até 10 m de comprimento.

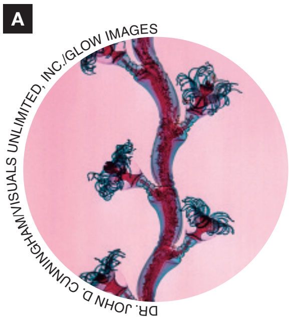
Além das anêmonas, dos corais e das águas-vivas, cnidários relativamente conhecidos são os do gênero *Physalia*, animais coloniais marinhos flutuantes popularmente chamados de fisálias ou caravelas-portuguesas. Um grande pólipo especializado, cheio de gás e em forma de navio, mantém a colônia flutuando. Ligados a esse pólipo flutuador, há pólipos dotados de boca e cavidade gastrovascular – os gastrozoides –, encarregados da alimentação da colônia. Outro tipo de pólipo da colônia é o gonozoide, especializado na formação de óvulos e de espermatozoides, que se encarrega da reprodução sexuada. Os longos tentáculos da caravela, que podem atingir 10 m de comprimento, também são pólipos especializados na defesa e na captura de alimento. O que chama a atenção nesse cnidário é a atuação integrada de seus pólipos especializados, que leva a colônia a se comportar como se fosse um único organismo. (Fig. 8.7)

Reprodução e ciclo de vida

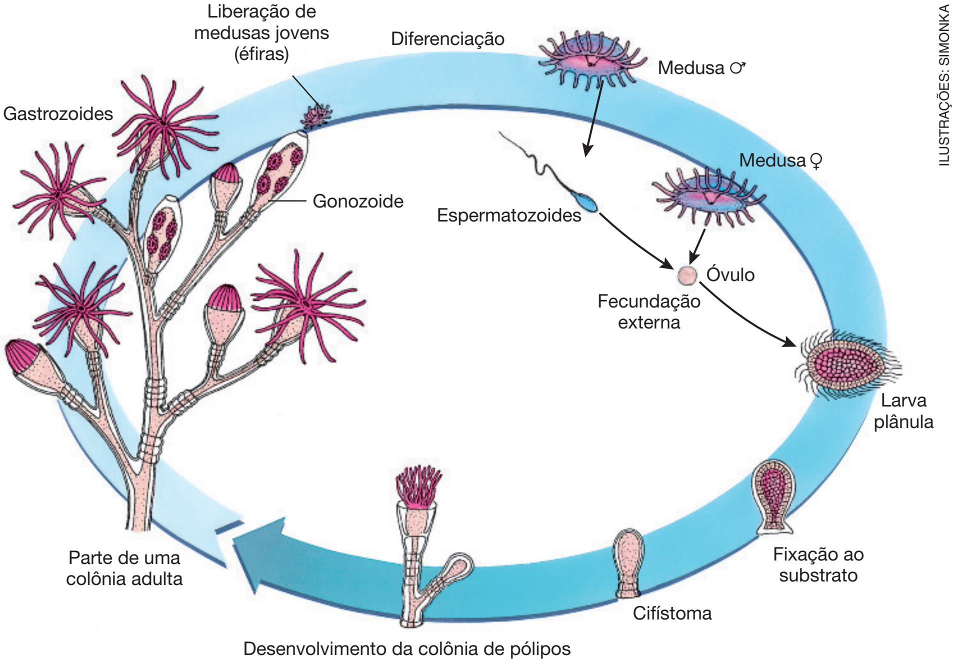
Uma característica do ciclo de vida de muitos cnidários é a alternância entre as formas polipoides e medusoides, fenômeno conhecido como **metagênese**. Nesse caso, as medusas constituem a fase sexuada do ciclo, produzindo gametas e gerando pólipos por meio da fecundação. Os pólipos são a fase assexuada do ciclo e originam medusas por brotamento ou por estrobilização, como veremos mais adiante. Exceções são os antozoários, classe com maior número de espécies, e as hidras, que não possuem a fase de medusa e cujos pólipos podem formar gametas. Alguns hidrozoários, por sua vez, só apresentam a fase de medusa.

Os pólipos da *Obelia* sp., por exemplo, originam assexuadamente pequenas medusas de vida relativamente curta; estas se reproduzem sexuadamente e originam novos pólipos, que fecham o ciclo. (Fig. 8.8)

A


DR. JOHN D. CUNNINGHAM/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

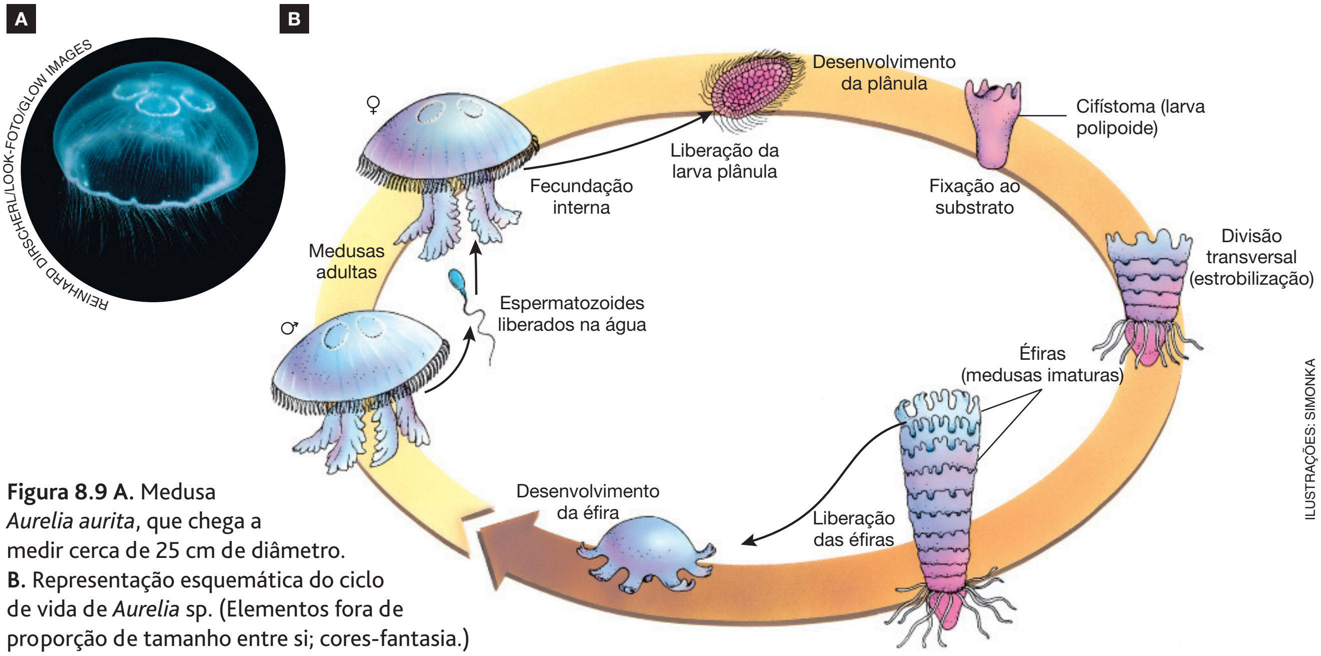
B



ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Figura 8.8 A. Fotomicrografia de *Obelia* sp., hidrozoário colonial marinho. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 4×.) Geralmente as colônias de obelia são pequenas, com 1 cm ou 2 cm de altura.
B. Representação esquemática do ciclo de vida de *Obelia* sp. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

As medusas de *Aurelia* sp. são dioicas (sexos separados), e os espermatozoides fecundam os óvulos no interior das medusas-fêmeas, originando zigotos. Estes se desenvolvem em uma forma larval ciliada, a **plânula**, que se liberta e adere ao fundo marinho, constituindo um pequeno pólipo (cifístoma). Na fase adulta, o pólipo segmenta-se transversalmente em um processo chamado **estrobilização**, produzindo pequenas medusas imaturas – **éfiras** –, que crescem e se transformam em medusas adultas. Estas, por sua vez, se reproduzem sexuadamente, fechando o ciclo. (Fig. 8.9)


A
B
♀
♂
Desenvolvimento da plânula
Cifístoma (larva polipoide)
Liberação da larva plânula
Fecundação interna
Fixação ao substrato
Medusas adultas
Divisão transversal (estrobilização)
Espermatozoides liberados na água
Éfiras (medusas imaturas)
Desenvolvimento da éfira
Liberação das éfiras

REINHARD DIRSCHERL/LOOK-FOTO/GLOW IMAGES

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

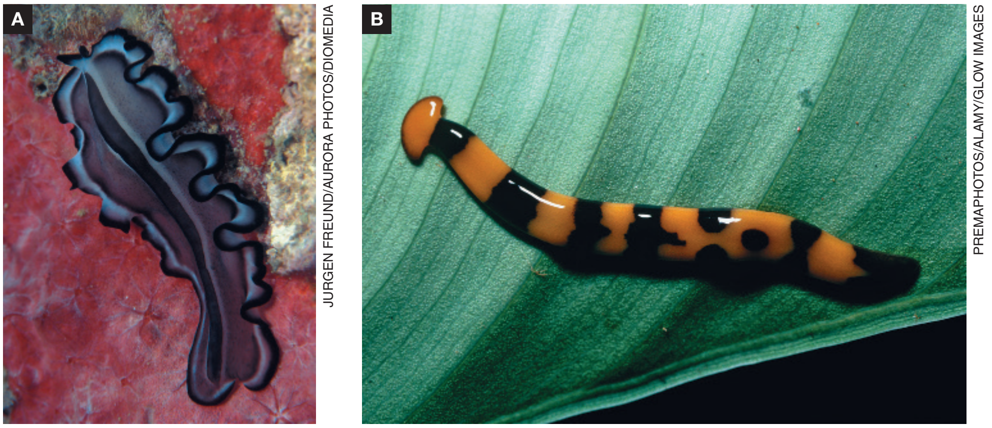
Figura 8.9 A. Medusa *Aurelia aurita*, que chega a medir cerca de 25 cm de diâmetro. **B.** Representação esquemática do ciclo de vida de *Aurelia* sp. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

8.3 Filo Platyhelminthes (platelmintos)

O filo **Platyhelminthes** (do grego *platys*, plano, achatado, e *helminthes*, verme) reúne mais de 25 mil espécies conhecidas de animais triblásticos, acelomados, com sistema digestivo incompleto, distribuídas em três grupos principais: Turbellaria, Trematoda e Cestoda.

Características gerais dos turbelários

A maioria dos **turbelários** tem vida livre e habita ambientes úmidos de terra firme ou ambientes aquáticos, marinhos e de água doce. Os representantes mais conhecidos dessa classe são as planárias. (Fig. 8.10)

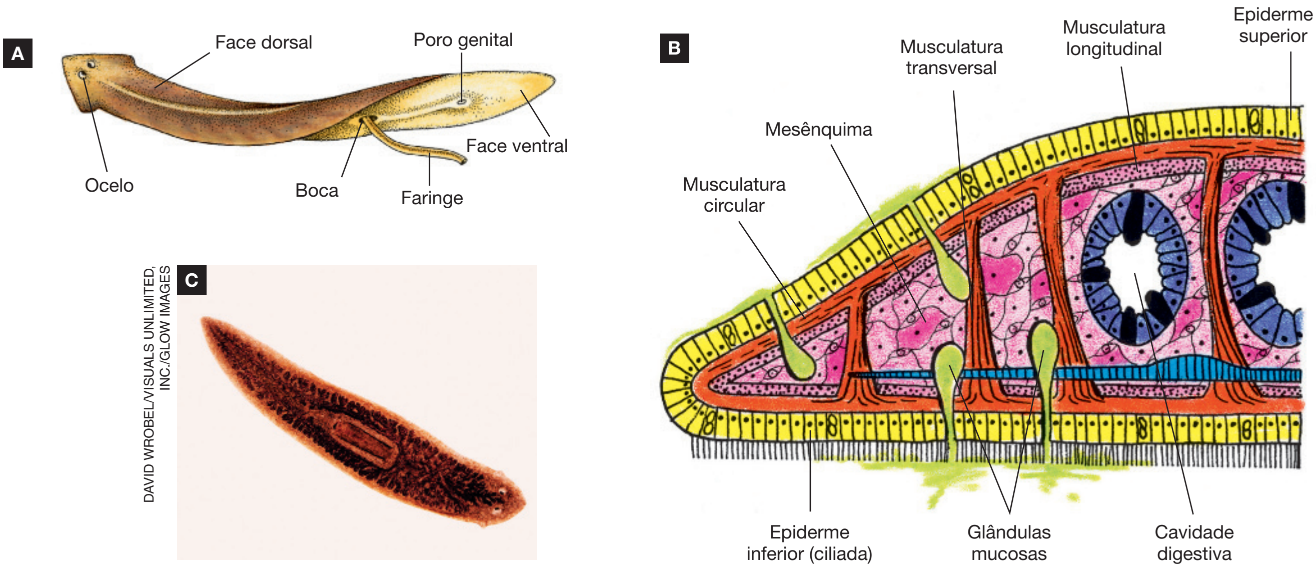


JURGEN FREUND/AURORA PHOTOS/DIOMEDIA

PREMAPHOTOS/ALAMY/GLOW IMAGES

Figura 8.10 A. *Pseudoceros* sp., planária marinha que mede cerca de 6 cm de comprimento. **B.** *Bipalium* sp., planária terrestre que atinge 15 cm de comprimento.

O corpo das planárias é revestido por uma epiderme que apresenta células ciliadas na superfície ventral. O batimento coordenado dos cílios epidérmicos, atuando em conjunto com a musculatura, permite o deslizamento do animal sobre uma trilha de muco secretado pelas células epidérmicas glandulares. (Fig. 8.11)



DAVID WROBEL/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Figura 8.11 **A.** Representação esquemática de uma planária de água doce. **B.** Representação esquemática de parte do corpo de uma planária em corte transversal. **C.** Fotomicrografia de planária *Dugesia* sp., fixada e corada, na qual é possível ver o intestino muito ramificado. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 4×.) Em **A**, a faringe está distendida, enquanto em **C** está recolhida em uma bolsa. (Em **A** e **B**, elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Características gerais dos trematódeos

Trematódeos são platelmintos parasitas, dotados de duas ventosas musculosas para fixação ao corpo do hospedeiro. A maioria das espécies é monoica (hermafrodita). A fecundação é interna e o desenvolvimento geralmente é indireto, com uma ou mais fases larvais.

Praticamente todos os trematódeos se utilizam de um molusco (caramujo) como hospedeiro em seu ciclo de vida. Diversas espécies apresentam ciclo vital complexo com mais de um hospedeiro, sendo um deles um vertebrado. Nesses casos, o animal vertebrado é o **hospedeiro definitivo**, pois neles vivem os trematódeos adultos, que se reproduzem sexuadamente; o caramujo é o **hospedeiro intermediário**, pois nele se desenvolvem as fases larvais do verme.

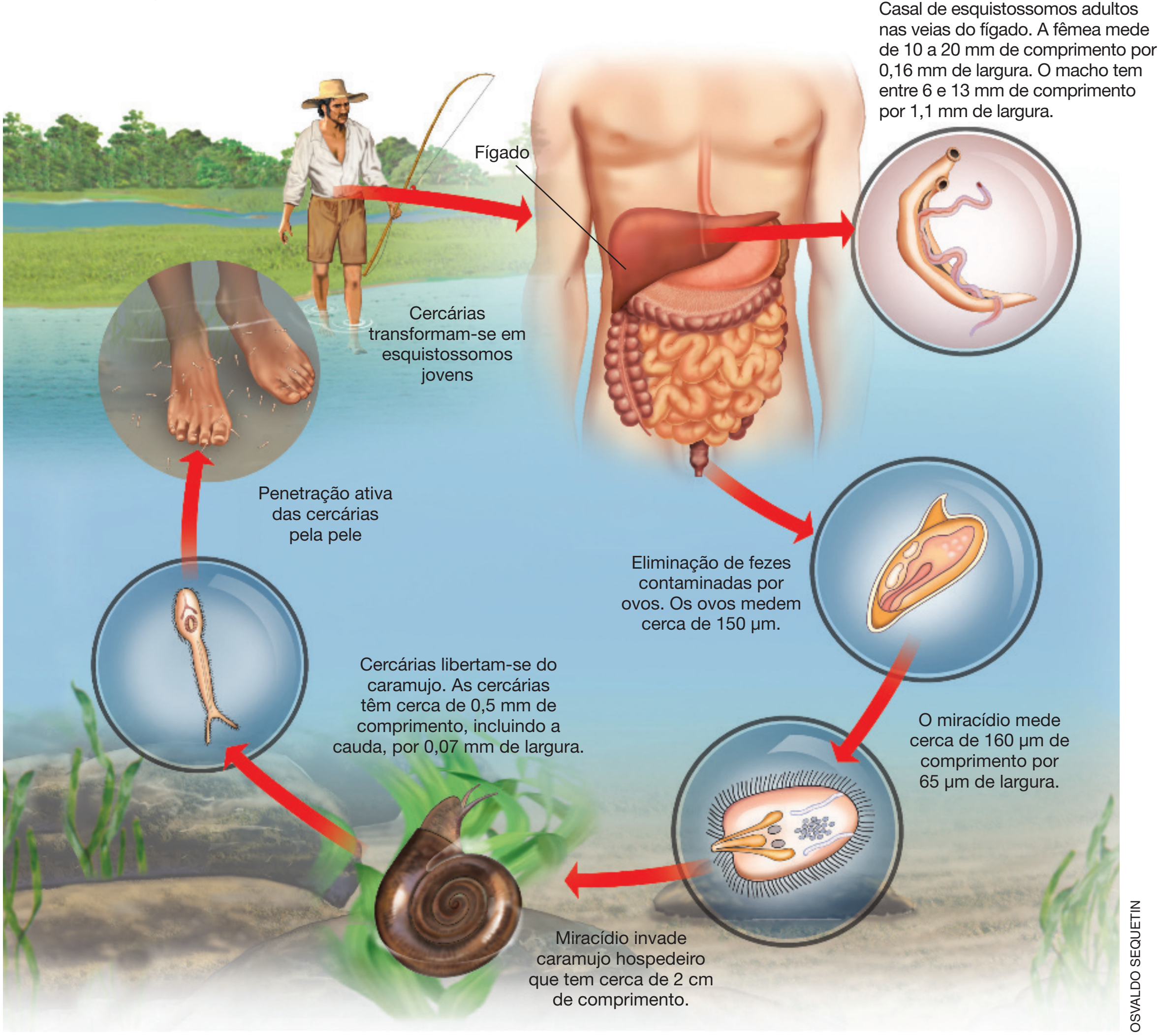
Ciclo de vida de *Schistosoma mansoni*

Schistosoma mansoni é um trematódeo causador de esquistossomose em seres humanos. Essa espécie é dioica; a fêmea é esguia e vive abrigada em um sulco no corpo do macho. Os casais de esquistossomos vivem nas veias do fígado humano, onde se alimentam de substâncias do sangue e se acasalam.

Os ovos são colocados pelas fêmeas nos vasos sanguíneos do mesentério (membrana que prende o intestino à parede do abdome) do hospedeiro humano, de onde passam para a cavidade intestinal e são eliminados com as fezes. Ao entrar em contato com água, os ovos eclodem e libertam larvas denominadas **miracídios**, que precisam encontrar rapidamente certos tipos de caramujo (planorbídeos), seus hospedeiros intermediários.

Os miracídios penetram no caramujo e originam de modo assexuado larvas dotadas de cauda, as **cercárias**. Um único miracídio que penetra no caramujo pode formar cerca de 200 mil cercárias. Estas saem do caramujo e passam a nadar ativamente. Se uma pessoa entrar em contato com água contaminada de cercárias, elas podem penetrar pela pele, causando uma coceira característica; por isso, lagoas contendo cercárias em abundância costumam ser denominadas “lagoas de coceira”.

No corpo da pessoa infestada, as cercárias perdem a cauda e diferenciam-se em vermes jovens, que chegam ao fígado, onde atingem a maturidade e passam a se reproduzir sexuadamente. Esquistossomos podem viver até 30 anos e cada fêmea produz, diariamente, cerca de 300 ovos. (Fig. 8.12)


Casal de esquistossomos adultos nas veias do fígado. A fêmea mede de 10 a 20 mm de comprimento por 0,16 mm de largura. O macho tem entre 6 e 13 mm de comprimento por 1,1 mm de largura.
Fígado
Cercárias transformam-se em esquistossomos jovens
Penetração ativa das cercárias pela pele
Eliminação de fezes contaminadas por ovos. Os ovos medem cerca de 150 µm.
Cercárias libertam-se do caramujo. As cercárias têm cerca de 0,5 mm de comprimento, incluindo a cauda, por 0,07 mm de largura.
O miracídio mede cerca de 160 µm de comprimento por 65 µm de largura.
Miracídio invade caramujo hospedeiro que tem cerca de 2 cm de comprimento.

OSWALDO SEQUETIN

Figura 8.12 Representação esquemática do ciclo de vida de *Schistosoma mansoni*. O caramujo da espécie *Biomphalaria glabrata* é um dos mais frequentes hospedeiros intermediários do verme. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Características gerais dos cestoides

Cestoides são platelmintos parasitas, entre os quais estão as **tênias**, ou solitárias, animais de corpo alongado e achatado como uma fita, que vivem no trato intestinal de certos animais vertebrados. Tênias não têm sistema digestivo, absorvendo nutrientes diretamente da cavidade intestinal do hospedeiro. A extremidade anterior do corpo do verme é afilada e termina no **escólex**, ou escolece, onde há ventosas, ganchos ou sulcos adesivos, dependendo da espécie. Essas estruturas permitem a fixação do parasita ao intestino do hospedeiro.

O corpo da tênia é formado por centenas ou mesmo milhares de partes semelhantes, as **proglótides**, ou proglotes, que se originam por divisão transversal (estrobilização) pouco abaixo do escólex. As proglótides assim produzidas vão amadurecendo à medida que se distanciam do escólex. Ao atingir a maturidade sexual, uma proglótide é fecundada pelos espermatozoides de uma proglótide próxima, um processo de autofecundação, tornando-se repleta de ovos. Nesse estágio, essa proglótide, denominada “grávida”, destaca-se da tênia e é eliminada com as fezes do hospedeiro. (Fig. 8.13)

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

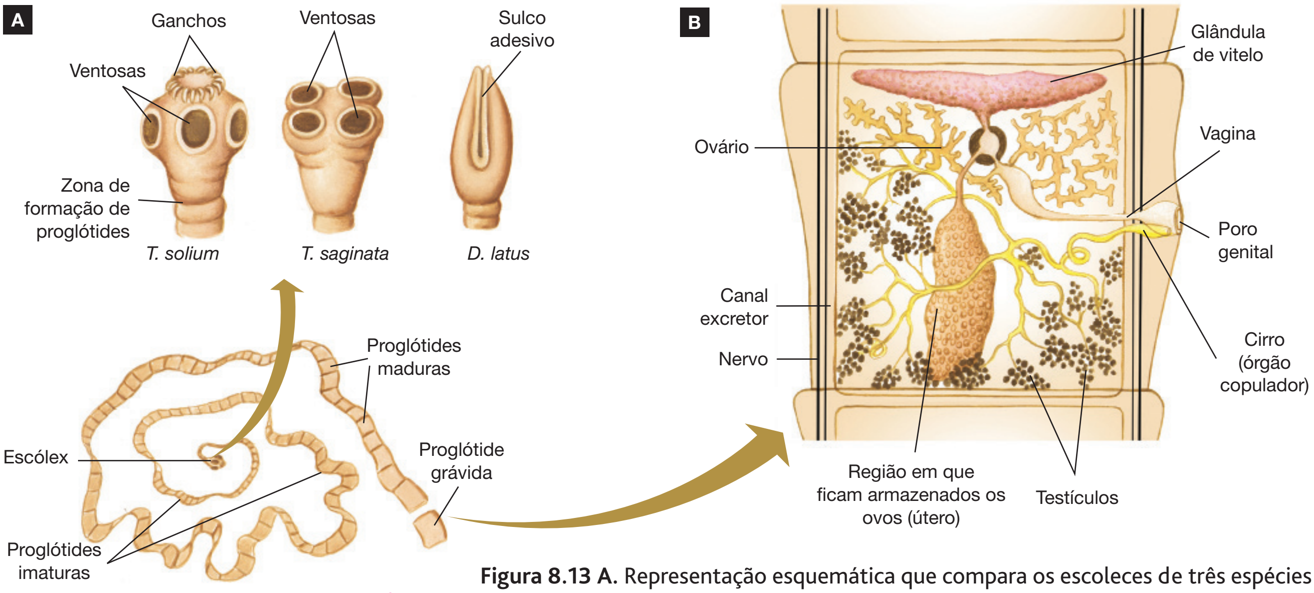

A
Ganchos
Ventosas
Ventosas
Sulco adesivo
Zona de formação de proglótides
T. solium
T. saginata
D. latus
Proglótides maduras
Escólex
Proglótide grávida
Proglótides imaturas
B
Glândula de vitelo
Ovário
Vagina
Poro genital
Canal excretor
Nervo
Cirro (órgão copulador)
Região em que ficam armazenados os ovos (útero)
Testículos

Figura 8.13 A. Representação esquemática que compara os escoleces de três espécies de tênia (*Taenia solium*, *Taenia saginata* e *Dibothriocephalus latus*). **B.** Representação esquemática de uma proglótide sexualmente madura, mostrando suas diferentes partes. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Aproveite a comparação dos escoleces das três espécies para explicar a especificidade de cada tênia ao seu respectivo hospedeiro e para reforçar os perigos da ingestão de carne crua ou malcozida de boi, de porco e de peixe. Chame a atenção para o consumo de carne crua de peixe, hábito que tem se tornado mais comum recentemente com a maior disponibilidade de restaurantes de comida japonesa, cujos perigos são menos comentados.

Ciclo de vida de *Taenia solium*

A pessoa infestada por *Taenia solium* elimina proglótides grávidas nas fezes. Uma única tênia pode liberar 10 proglótides grávidas por dia, cada uma com 80 mil ovos “embrionados”. Ao ser ingerido pelo hospedeiro intermediário, o porco, cada ovo libera uma larva denominada **oncosfera**, que perfura a parede intestinal do suíno e segue pelo sangue até a musculatura, onde geralmente se instala. Nos músculos do porco, a larva forma uma bolsa ovoide e cheia de líquido, o **cisticerco**. Quando uma pessoa consome carne de porco contaminada malcozida, o cisticerco se expande no intestino e forma um pequeno escólex que se fixa à mucosa intestinal, originando uma nova tênia. O cozimento prolongado da carne mata os cisticercos. (Fig. 8.14)

OSVALDO SEQUETIN

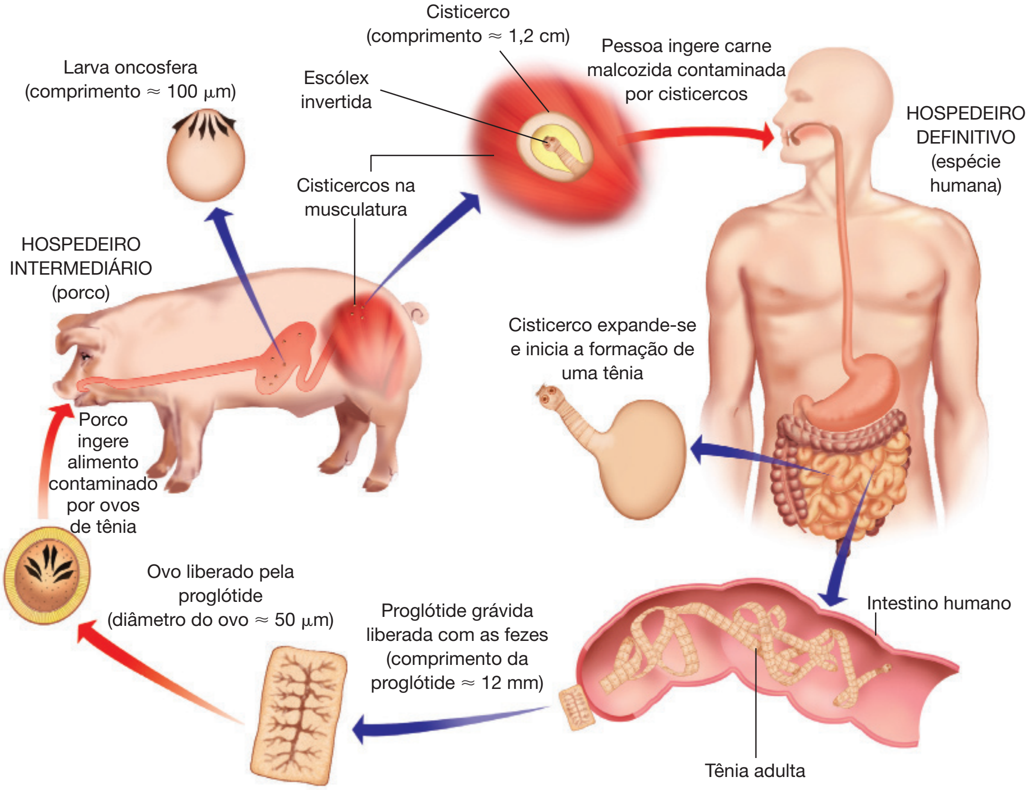

Cisticerco (comprimento ≈ 1,2 cm)
Pessoa ingere carne malcozida contaminada por cisticercos
Larva oncosfera (comprimento ≈ 100 µm)
Escólex invertida
HOSPEDEIRO DEFINITIVO (espécie humana)
Cisticercos na musculatura
HOSPEDEIRO INTERMEDIÁRIO (porco)
Cisticerco expande-se e inicia a formação de uma tênia
Porco ingere alimento contaminado por ovos de tênia
Ovo liberado pela proglótide (diâmetro do ovo ≈ 50 µm)
Proglótide grávida liberada com as fezes (comprimento da proglótide ≈ 12 mm)
Intestino humano
Tênia adulta

Figura 8.14 Representação esquemática do ciclo de vida da tênia-do-porco (*Taenia solium*). O porco (*Sus scrofa domesticus*) é o hospedeiro intermediário, abrigando em sua musculatura formas imaturas do platelminto (cisticercos). A espécie humana é a hospedeira definitiva, abrigando o platelminto adulto no intestino delgado. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Doenças causadas por vermes platelmintos

1 Os platelmintos são responsáveis por diversas parasitoses humanas e constituem um problema de saúde pública em escala mundial, principalmente em regiões pobres e deficientes em saneamento básico. Em certos países asiáticos, por exemplo, cerca de 70% das crianças apresentam algum tipo de verminose.

Esquistossomose

2 A **esquistossomose** é causada por espécies do gênero *Schistosoma*. Dependendo da espécie, o parasita aloja-se nos vasos sanguíneos da bexiga (*Schistosoma haematobium*), do intestino (*Schistosoma japonicum*) ou do fígado (*Schistosoma mansoni*). Em 2011, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estimou haver pelo menos 243 milhões de pessoas afetadas pela esquistossomose, principalmente na África, Índia e América do Sul.

3 A doença tem uma fase aguda, em que a pessoa portadora dos parasitas apresenta manifestações clínicas como coceiras e dermatites, febre, inapetência, tosse, diarreia, enjoos, vômitos e emagrecimento. A fase crônica é geralmente assintomática e pode durar vários anos. Podem ocorrer episódios de diarreia alternados com períodos de obstipação (prisão de ventre). Em algumas pessoas, a doença pode evoluir para um quadro mais grave, com aumento do fígado (hepatomegalia) e cirrose, aumento do baço (esplenomegalia), hemorragias provocadas por rompimento de veias do esôfago e ascite, conhecida também como barriga-d'água, porque o abdome fica dilatado e proeminente em consequência do acúmulo de líquido nos tecidos dessa região do corpo.

4 O esquistossomo pode ser eliminado do organismo humano com algumas drogas terapêuticas. Entretanto, a melhor maneira de combater a esquistossomose é a prevenção. As medidas preventivas consistem em interromper o ciclo de vida do parasita, o que pode ser feito das seguintes maneiras:

a) impedir que ovos de esquistossomo presentes nas fezes da pessoa doente contaminem rios, lagos, açudes e outros reservatórios de água; para isso, é preciso construir instalações sanitárias adequadas, com fossas sépticas ou sistemas de esgotos, e aterrar locais propícios ao acúmulo de água de chuva;

b) aplicar na água de lagoas substâncias moluscocidas para combater os caramujos que servem de hospedeiros intermediários para o parasita;

c) evitar a penetração das larvas no corpo; para isso, não se deve consumir água de locais onde vivem os caramujos transmissores ou utilizá-la para tomar banho; caso haja necessidade de uso dessa água, ela deve ser previamente fervida.

Teníase

5 Adquire-se **teníase** pela ingestão de carne malcozida contendo cisticercos. Entre as diversas espécies de tênia, duas são parasitas importantes da espécie humana: *Taenia saginata*, a tênia-do-boi, mais disseminada na África, no Oriente Médio, na América Central, na Europa e na Ásia, e *Taenia solium*, a tênia-do-porco, mais frequente no México, na América Central, na América do Sul, na Europa Oriental e na Oceania.

FABIO COLOMBINI

Tênia (*Taenia* sp.), platelminto parasita causador da teníase; a região anterior, mais fina, é a que se fixa ao intestino do hospedeiro.

6 A infestação por tênia provoca sintomas relativamente brandos no hospedeiro, como diarreias, prisão de ventre, insônia e irritabilidade. A pessoa atacada pela verminose é geralmente magra, pois o parasita compete com ela pelo alimento ingerido. Além disso, frequentemente apresenta anemia, acompanhada de indisposição e cansaço, provocados por substâncias tóxicas liberadas pelo verme. Atualmente, há tratamentos bastante eficazes para eliminar a tênia do intestino.

7 Algumas medidas preventivas que ajudam a evitar ou reduzir a teníase são:

a) impedir que ovos de tênias sejam ingeridos por animais como porcos e vacas ou que contaminem rios e lagos, no caso de tênias-de-peixe; para isso, é preciso construir instalações sanitárias adequadas, com fossas sépticas ou sistemas de esgotos;

b) evitar a ingestão de carne crua ou malcozida, principalmente quando não se conhece a procedência desses alimentos. O cozimento prolongado mata a forma imatura da tênia (o cisticerco).

8 Atualmente, o número de pessoas infestadas por tênias tem diminuído no Brasil graças à maior fiscalização sanitária de matadouros e frigoríficos. A análise da musculatura da mandíbula, da língua, do coração e do diafragma, onde há maior incidência de formação dos cisticercos, permite identificar facilmente os animais infectados.

Cisticercose humana

9 Se uma pessoa ingerir os ovos da tênia, consumindo alimentos contaminados, por exemplo, ela servirá de hospedeira intermediária do parasita. A doença, nesse caso, é a **cisticercose humana**. As oncosferas libertam-se dos ovos e podem atingir a musculatura ou o cérebro da pessoa, transformando-se em cisticercos. Quando alojados na musculatura, os cisticercos geralmente causam poucos problemas. Entretanto, ao se alojar no cérebro, podem provocar convulsões semelhantes às da epilepsia.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
BRASIL
INSPECIONADO
504
S.I.F.
NÃO CONTÉM GLÚTEN

CHRISTIAN SPOTO/FOTODIDATICA

Carne que passou por fiscalização governamental. Esse controle ajuda a evitar a propagação de doenças parasitárias, como a teníase.

Aproveite a tabela solicitada nas questões do *Guia de leitura* para sugerir aos alunos que usem os seus dados na elaboração de materiais de diversas naturezas (músicas, *folders* ilustrados, campanhas de prevenção, vídeos de divulgação nas redes sociais etc.) para a conscientizar os demais estudantes da escola e as pessoas da comunidade, alertando-os sobre os cuidados necessários para evitar as verminoses.

Guia de leitura

Responda em seu caderno

1 O primeiro parágrafo comenta a relação entre saneamento básico e parasitoses humanas, entre elas as causadas por platelmintos. Reflita de que modo fatores como a falta de esgoto e de água adequadamente tratados comprometem a saúde humana.

2 Leia o segundo parágrafo, que apresenta os agentes causadores da esquistossomose. Quais são eles e que órgãos do hospedeiro são afetados pela parasitose?

3 O terceiro parágrafo refere-se aos sintomas da esquistossomose. Quais são eles?

4 O quarto parágrafo apresenta as principais formas de prevenção da esquistossomose. Localize, no livro, a ilustração que mostra o ciclo de vida do esquistossomo. Com base nela, crie uma ilustração simplificada em seu caderno, indicando, no ciclo que desenhou, os pontos em que é possível atuar para prevenir essa verminose.

5 Sua tarefa, agora, é produzir uma tabela para resumir as principais doenças causadas por platelmintos apresentadas nesse quadro. Sugerimos que a tabela relacione cada parasitose a: a) agente causador; b) formas de infestação; c) sintomas; d) prevenção e tratamento. Após construir a tabela, comece a preenchê-la pela esquistossomose.

6 O parágrafo 5 refere-se à maneira pela qual as pessoas adquirem teníase e aos principais agentes causadores dessa verminose. Certifique-se de ter compreendido esses aspectos e continue a preencher a tabela iniciada no item anterior.

7 Os parágrafos 6, 7 e 8 comentam os principais sintomas, formas de tratamento e de prevenção da teníase. Localize, no livro, a ilustração que mostra o ciclo de vida da tênia. Com base nela, crie uma ilustração em seu caderno, indicando, no ciclo que desenhou, os pontos em que é possível atuar para prevenir essa verminose.

8 Continue o preenchimento da tabela, resumindo as formas de tratamento e de prevenção da teníase.

9 O parágrafo 9 fala da cisticercose humana, provocada pelo mesmo agente causador da teníase. Qual é a diferença entre essas doenças? Inclua a cisticercose em sua tabela.

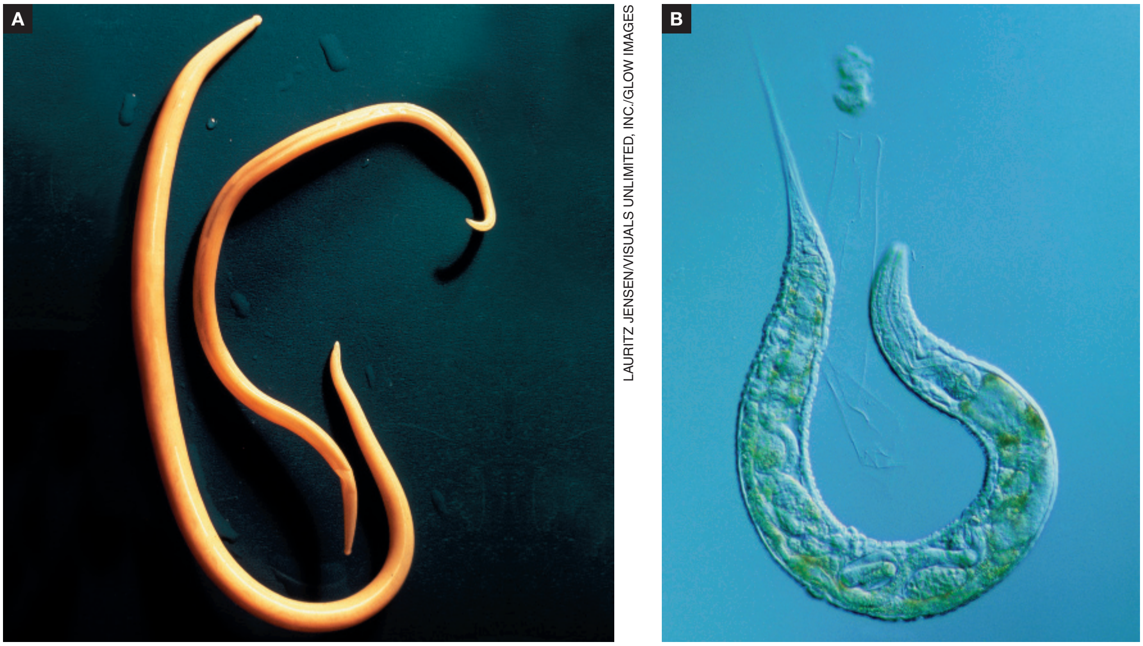
8.4 Filo Nematoda (nematódeos)

Características gerais

O filo **Nematoda** (do grego *nematos*, fio) reúne animais de corpo cilíndrico, alongado e afilado nas extremidades, chamados **nematódeos**. A maioria dos nematódeos mede menos de 2,5 mm de comprimento, mas há espécies com mais de 1 m. Das mais de 20 mil espécies, 30% são parasitas de animais e de plantas, causando prejuízos à agricultura e à pecuária, além de diversas doenças humanas. As espécies de vida livre vivem em diversos ambientes, como solos úmidos e ricos em matéria orgânica, rios, lagos e oceanos. O número de espécies já catalogadas é considerado pequeno em relação ao que se estima existir. (Fig. 8.15)

O corpo de um nematódeo pode ser descrito como "um tubo dentro de outro". O tubo externo é a parede corporal, e o interno é o trato digestório, que começa na boca e termina no ânus. Entre eles, há uma cavidade cheia de líquido denominada pseudoceloma (relembre no capítulo anterior).

A parede corporal de certos nematódeos compõe-se de uma epiderme recoberta por uma densa cutícula protetora. Sob a epiderme há células musculares com fibrilas contráteis orientadas apenas no sentido longitudinal, possibilitando movimentos simples de flexão. As células musculares prolongam-se até dois cordões nervosos, um dorsal e um ventral, que percorrem longitudinalmente o corpo do animal.



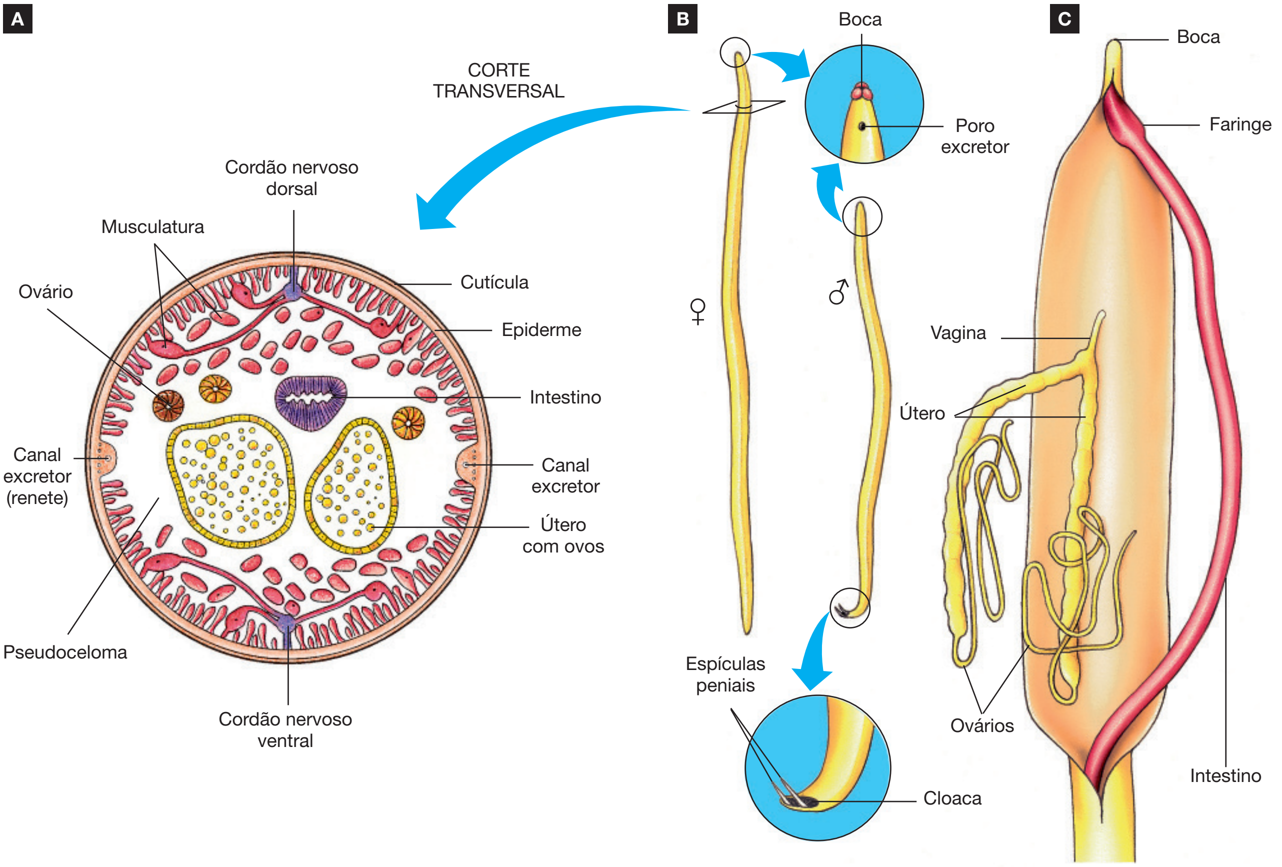
LAURITZ JENSEN/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

SINCLAIR STAMMERS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Figura 8.15 A. Dois nematódeos da espécie *Ascaris lumbricoides*, popularmente conhecida como lombriga, parasitas do intestino humano que chegam a medir cerca de 40 cm de comprimento. **B.** Fotomicrografia de *Caenorhabditis elegans*, um nematódeo de vida livre com aproximadamente 1 mm de comprimento. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 110×.)

Reprodução e ciclo de vida

A maioria das espécies é dioica e tem dimorfismo sexual, isto é, machos e fêmeas diferem quanto a certas características morfológicas. Fêmeas têm um orifício genital na porção mediana do corpo, onde termina o duto final do aparelho reprodutor, a vagina; machos eliminam espermatozoides pela **cloaca**, uma abertura na extremidade posterior do corpo onde também desemboca o intestino. Na cloaca dos machos encontram-se as espículas peniais, estruturas quitinizadas semelhantes a espinhos, que são introduzidas no orifício genital da fêmea durante a cópula, garantindo a fixação dos parceiros até a passagem dos espermatozoides. (Fig. 8.16)


A
CORTE TRANSVERSAL
Cordão nervoso dorsal
Musculatura
Ovário
Cutícula
Epiderme
Intestino
Canal excretor (renete)
Canal excretor
Útero com ovos
Pseudoceloma
Cordão nervoso ventral
B
Boca
Poro excretor
♀
♂
Espículas peniais
Cloaca
C
Boca
Faringe
Vagina
Útero
Ovários
Intestino

ILUSTRAÇÕES: PAULO MANZI

Figura 8.16 A. Representação esquemática de uma lombriga fêmea em corte transversal. **B.** Comparação entre fêmea e macho de *Ascaris lumbricoides*. **C.** Esquema de lombriga fêmea dissecada. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Nos nematódeos, curiosamente, ao contrário do que se verifica na maioria dos organismos, os espermatozoides não têm flagelos e se deslocam por meio de movimentos ameboides. No útero da fêmea, os espermatozoides encontram os óvulos e ocorre a fecundação. Ovos fecundados adquirem uma casca protetora e são eliminados pela vagina. Em algumas espécies, o desenvolvimento embrionário e a eclosão dos ovos acontecem dentro do corpo da fêmea, que dá à luz pequenos vermes.

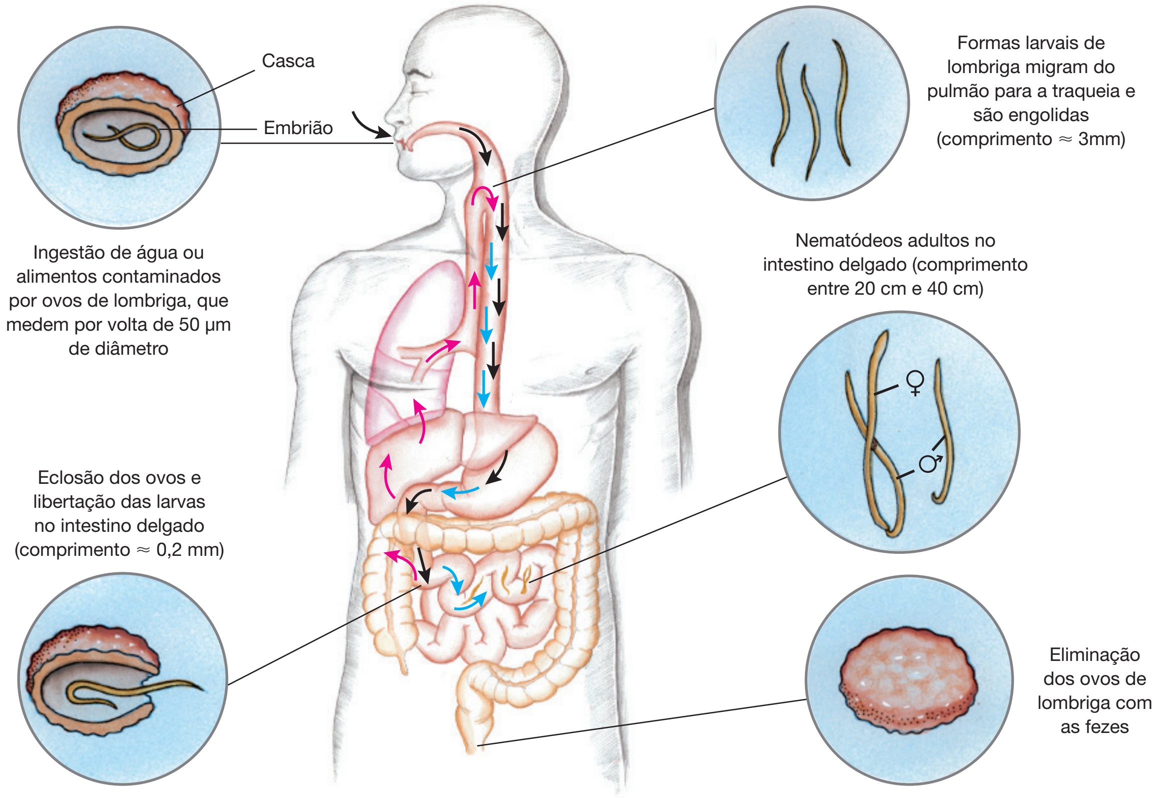
A seguir, descrevemos os ciclos de vida de dois nematódeos parasitas da espécie humana: *Ascaris lumbricoides* e *Wuchereria bancrofti*.

Ciclo de vida de *Ascaris lumbricoides*

Uma fêmea adulta de ascáride ou lombriga põe diariamente mais de 200 mil ovos, eliminados do corpo do hospedeiro nas fezes. As pessoas adquirem ascaridíase ao ingerir ovos fecundados, presentes na água ou em alimentos contaminados com fezes de pessoas ou de porcos infestados pelo verme.

No tubo digestório do hospedeiro humano, a casca do ovo é digerida e dele sai uma pequena larva filamentosa com cerca de 0,2 mm de comprimento. Embora já estejam no ambiente em que viverão quando adultas, as larvas ainda precisam empreender uma longa migração pelo corpo do hospedeiro até conseguir se instalar definitivamente no intestino. Nessa migração, elas perfuram a parede intestinal e entram na corrente sanguínea.

Depois de alguns dias, jovens lombrigas com cerca de 3 mm de comprimento atingem os pulmões da pessoa infestada, onde perfuram os alvéolos pulmonares e sobem pela traqueia. Isso pode causar tosse, fazendo as larvas serem lançadas na faringe e engolidas. Dessa forma, os parasitas retornam ao intestino do hospedeiro, onde se estabelecem definitivamente, crescem e atingem a maturidade sexual. (Fig. 8.17)


Casca
Embrião
Ingestão de água ou alimentos contaminados por ovos de lombriga, que medem por volta de 50 µm de diâmetro
Eclosão dos ovos e libertação das larvas no intestino delgado (comprimento ≈ 0,2 mm)
Formas larvais de lombriga migram do pulmão para a traqueia e são engolidas (comprimento ≈ 3mm)
Nematódeos adultos no intestino delgado (comprimento entre 20 cm e 40 cm)
♀
♂
Eliminação dos ovos de lombriga com as fezes

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

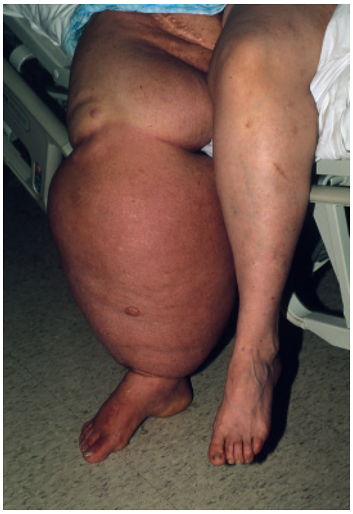
Figura 8.17 Representação esquemática do ciclo de vida do nematódeo *Ascaris lumbricoides*, em que há apenas um hospedeiro, geralmente a espécie humana ou o porco. As setas pretas representam a ingestão dos ovos e a liberação das larvas no intestino. As setas rosas representam a migração das larvas pela circulação sanguínea até os pulmões e a subida pela traqueia. As setas azuis representam a chegada do parasita ao seu ambiente definitivo. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Ciclo de vida de *Wuchereria bancrofti*

Wuchereria bancrofti, conhecido como filária, é uma espécie dioica. Os vermes machos adultos medem cerca de 4 cm de comprimento; as fêmeas adultas têm aproximadamente 10 cm de comprimento e apresentam uma espessura que varia de 0,24 mm a 0,30 mm. Esses vermes finos e alongados parasitam e causam obstruções nos vasos linfáticos dos braços, das mamas, do saco escrotal e, principalmente, das pernas, provocando grandes inchaços; daí o nome elefantíase, dado a estágios avançados da filariose, doença causada pela filária.

Machos e fêmeas de filárias acasalam-se no interior dos vasos linfáticos das pessoas infestadas. A fêmea retém os ovos no corpo até a eclosão de larvas quase microscópicas, as microfilárias, que medem cerca de 0,3 mm de comprimento por 9 µm de diâmetro. Durante a noite, as microfilárias migram para os capilares da pele, onde podem ser sugadas por fêmeas de mosquitos do gênero *Culex* e, em algumas regiões, também do gênero *Anopheles*, os hospedeiros intermediários. As microfilárias perfuram o intestino do mosquito hospedeiro e alojam-se em sua musculatura torácica, onde se desenvolvem, originando um estágio larval infectante. Ao picar uma pessoa sadia, mosquitos infestados podem transmitir formas larvais infectantes que, no organismo humano, se desenvolvem até as formas adultas, completando o ciclo do parasita.

A adaptação da filária à vida parasitária é notável: durante o dia, as microfilárias permanecem nos vasos mais internos do corpo da pessoa. Somente à noite elas migram para os vasos sanguíneos superficiais da pele, onde têm grandes chances de infestar mosquitos de hábitos noturnos, seus hospedeiros intermediários. (Fig. 8.18)



JOHN GREIM/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Figura 8.18 Mulher portadora de filariose em estágio avançado, apresentando grande inchaço em uma das pernas.

Ciência e cidadania

Doenças provocadas por vermes nematódeos

1 Os nematódeos causam diversas doenças em plantas e animais. Geralmente eles não levam à morte do hospedeiro, o que pode ser interpretado como uma grande adaptação à vida parasitária. É vantajoso para o parasita que o hospedeiro resista bem à parasitose, pois, se este morrer, o primeiro perderá sua moradia e fonte de alimentação.

2 Há mais de 50 espécies de nematódeos parasitas da espécie humana. Entre elas destacaremos apenas as causadoras do amarelão e da filariose, doenças bem conhecidas.

Amarelão (ancilostomose)

3 O **amarelão** é uma verminose que pode ser provocada pelos nematódeos *Ancylostoma duodenale* e *Necator americanus*. O primeiro é mais comum e, por isso, o amarelão é também chamado **ancilostomose**.

4 Ancilóstomos adultos têm cerca de 1 cm a 1,5 cm de comprimento e seu ciclo de vida é semelhante ao das lombrigas. As formas adultas vivem no intestino delgado da pessoa infestada, onde vermes machos e fêmeas copulam; os ovos são eliminados nas fezes da pessoa. Ao atingir o solo, eles eclodem e libertam pequenas larvas filamentosas. Estas vivem durante algum tempo no solo, alimentando-se de bactérias, até adquirir a capacidade de penetrar ativamente na pele de novos hospedeiros; pessoas descalças, trabalhadores rurais e crianças que brincam com terra são os mais vulneráveis.

5 As larvas atravessam a pele e entram na corrente sanguínea, por onde chegam aos pulmões do hospedeiro, perfuram os alvéolos pulmonares, sobem pela traqueia e pela faringe e são engolidas. Dessa forma, chegam ao intestino, onde se estabelecem definitivamente e atingem a maturidade sexual, completando o ciclo de vida.

6 Os nematódeos do amarelão causam lesões na parede intestinal, provocando hemorragias. Com a perda de sangue, a pessoa torna-se anêmica, fraca e desanimada, com uma palidez típica na face (daí o termo amarelão). Esse quadro de sintomas, mais comum em pessoas que vivem em ambientes sem saneamento básico, como algumas áreas rurais, foi retratado por Monteiro Lobato em seu famoso personagem Jeca Tatu.

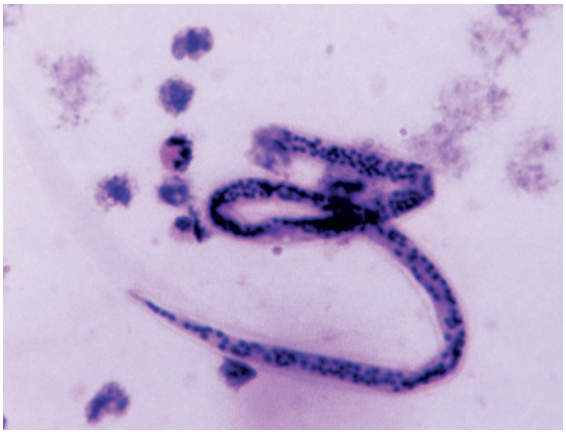
7 Como outras parasitoses, o amarelão pode ser prevenido com a construção de instalações sanitárias adequadas, de modo que os ovos do parasita não se espalhem no ambiente. Outra providência importante é o uso de calçados, que impedem a penetração das larvas pelos pés, a maneira mais comum de contrair a doença. Hoje, há medicamentos eficientes no combate desses e de outros parasitas.

Filariose ou elefantíase

8 A **filariose** (ou filaríase) é endêmica em certas regiões tropicais da Ásia, da África e da China, ocorrendo isoladamente em vários pontos das Américas. Em 2013, a Organização Mundial de Saúde estimou em mais de 120 milhões o número de pessoas portadoras da doença nas regiões tropicais e subtropicais do mundo.

9 Na primeira fase da infestação por filárias, o sistema imunitário da pessoa responde provocando o aparecimento de alergia, febre e inchaço dos linfonodos. Nos estágios mais avançados, os parasitas causam obstruções nos vasos linfáticos, o que dificulta a reabsorção de linfa e provoca inchaços denominados edemas linfáticos, principalmente nas pernas. Geralmente formam-se cistos calcificados na pele, que só podem ser removidos cirurgicamente.

10 A prevenção da filariose consiste em combater os mosquitos transmissores e em proteger as camas com mosquiteiros. O tratamento das pessoas afetadas é importante para evitar a propagação da doença.



DR. JOHN D. CUNNINGHAM/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Fotomicrografia de microfilária *Wuchereria bancrofti*. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 15×; cores artificiais.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Assim como foi sugerido para as doenças causadas por platelmintos, proponha aos alunos que aproveitem os dados da tabela solicitada nas questões do *Guia de leitura* para elaborar materiais de diversas naturezas (músicas, *folders* ilustrados, campanhas de prevenção, vídeos de divulgação nas redes sociais etc.) para conscientizar os demais estudantes da escola e as pessoas da comunidade, alertando-os sobre os cuidados necessários para evitar as verminoses.

Guia de leitura

Responda em seu caderno

1 Leia os dois parágrafos iniciais do quadro; no primeiro, comenta-se que muitas infestações por nematódeos não causam grandes transtornos ao hospedeiro, o que pode ser interpretado como uma adaptação bem estabelecida à vida parasitária. Que argumentação foi utilizada para dar suporte a essa ideia?

2 O terceiro parágrafo apresenta os agentes causadores do amarelão. Quais são eles? Por que essa parasitose é também chamada ancilostomose?

3 O quarto parágrafo refere-se à forma de disseminação dos ovos de ancilóstomos e à contaminação de pessoas. Com base em sua leitura, estabeleça a relação entre a falta de saneamento básico e a disseminação dessa verminose.

4 O quinto parágrafo descreve a infestação de uma pessoa pelo ancilóstomo e a instalação definitiva do parasita no organismo hospedeiro. Com base nessa descrição e em pesquisas adicionais, crie, em seu caderno, sua própria ilustração do ciclo de vida do ancilóstomo, assinalando os pontos em que é possível atuar para prevenir essa verminose.

5 Leia os parágrafos 6 e 7, que se referem aos sintomas e à prevenção do amarelão. Certifique-se de tê-los compreendido. Elabore uma tabela para resumir as principais doenças causadas por nematódeos apresentadas nesse quadro e no capítulo. Sugerimos que a tabela relacione cada parasitose a: a) agente causador; b) formas de infestação; c) sintomas; d) prevenção e tratamento. Depois de construir a tabela, comece a preenchê-la com a ascaridíase e continue com a ancilostomose.

6 Leia o parágrafo 8, relativo à filariose. Sua tarefa, com base nas informações obtidas até aqui, é elaborar em seu caderno um esquema do ciclo de vida da filária, em moldes semelhantes a outros ciclos que você já esquematizou.

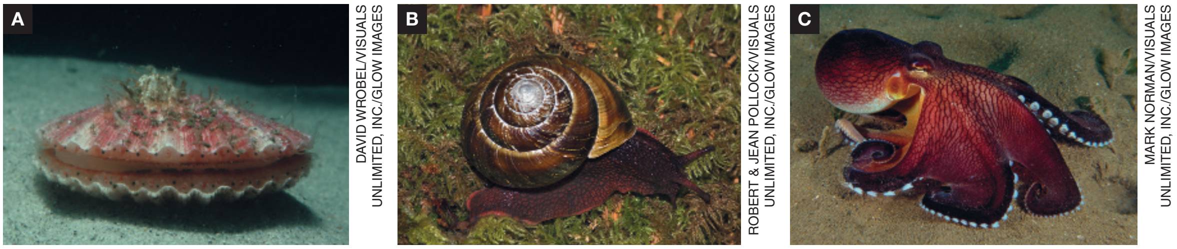
7 Os parágrafos 9 e 10 abordam os sintomas e a prevenção da filariose. Reveja o esquema do ciclo de vida da filária feito por você e assinale os pontos em que é possível atuar para prevenir essa parasitose. Termine de preencher sua tabela.

8.5 Filo Mollusca (moluscos)

Características gerais

Moluscos (filo **Mollusca**, do latim *mollis*, mole) são animais de corpo mole, não segmentados e geralmente dotados de concha calcária secretada pelo próprio animal (exoesqueleto incompleto); exemplos de moluscos são as ostras, os mexilhões, as vieiras, os caramujos, as lesmas, as lulas e os polvos.

A presença e a forma da concha, bem como o desenvolvimento de certas partes do corpo, são os principais critérios para a classificação dos moluscos. Os grupos mais conhecidos são os bivalves (classe Bivalvia), os gastrópodes (classe Gastropoda) e os cefalópodes (classe Cephalopoda). (Fig. 8.19)



DAVID WROBEL/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

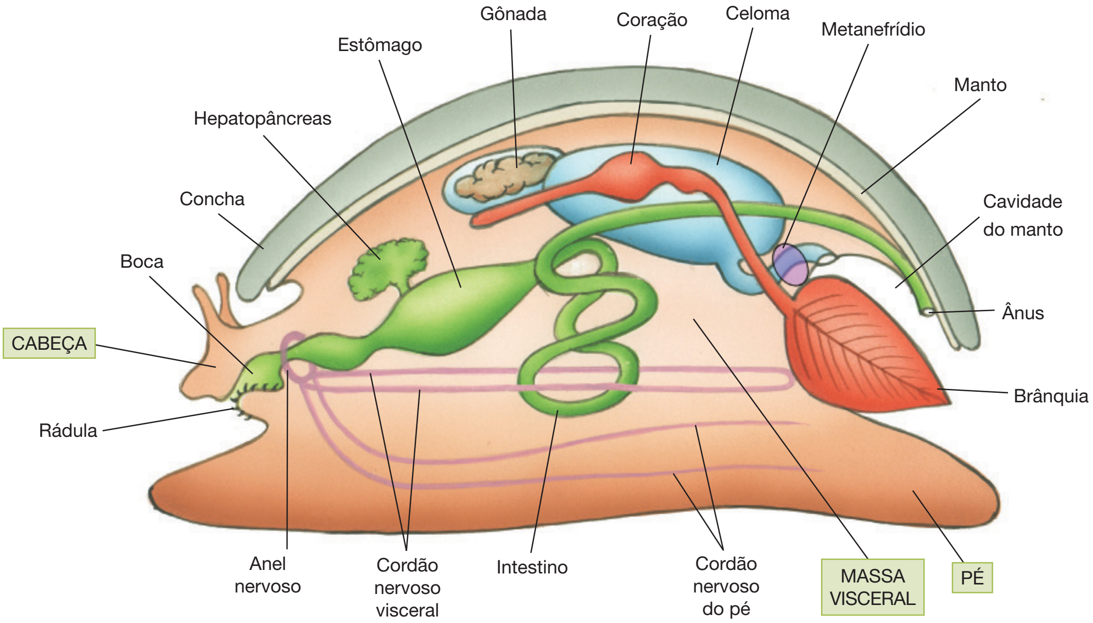
ROBERT & JEAN POLLOCK/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

MARK NORMAN/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 8.19 Exemplos de moluscos. **A.** *Argopecten aequisulcatus* (pécten), bivalve que atinge 8 cm de comprimento. **B.** *Monadenia fidelis*, um caracol, gastrópode cuja concha mede cerca de 3,5 cm de diâmetro. **C.** *Amphioctopus marginatus*, um polvo, cefalópode que vive na região intertropical do Oceano Pacífico e mede aproximadamente 25 cm de comprimento.

O filo dos moluscos é bem diversificado, com mais de 100 mil espécies atuais. A maioria vive no mar, principalmente em águas rasas litorâneas. Há também espécies de água doce e de terra firme.

O corpo de um molusco típico apresenta três partes principais: cabeça, pé e massa (ou saco) visceral. As diversas classes de moluscos apresentam variações nessas partes básicas, que refletem a história evolutiva do grupo. (Fig. 8.20)



JURANDIR RIBEIRO

Figura 8.20 Representação esquemática da organização corporal de um molusco. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

A **cabeça** é bem desenvolvida em gastrópodes (caramujos e caracóis) e em cefalópodes (lulas e polvos), mas é reduzida ou praticamente inexistente nos bivalves (mexilhões e ostras). O grau de desenvolvimento da cabeça está relacionado com as adaptações de gastrópodes e cefalópodes para a busca ativa do alimento, tarefa para a qual a cabeça é importante, por concentrar órgãos sensoriais. A presença de cabeça bem diferenciada não constituiria grande vantagem para os bivalves, que são animais sésseis e filtradores.

O **pé** é uma estrutura musculosa, cuja função varia nos diversos grupos de moluscos. Nos gastrópodes, ele é especializado na locomoção por deslizamento. Nos cefalópodes, o pé é dividido em tentáculos, que permitem nadar, caminhar ou capturar presas. Em muitos bivalves, o pé permite cavar ou fixar o animal a um substrato.

O **saco visceral** aloja os órgãos internos (vísceras) e é delimitado por uma extensa área do epitélio dorsal, o **manto** (ou pálio). Em muitos moluscos, o manto prolonga-se além do saco visceral e forma uma cavidade, na qual se abrem o ânus e os poros excretores. O manto apresenta glândulas produtoras de muco e de secreções calcárias, que formam a **concha**. Esta pode apresentar uma ou mais partes, que recebem o nome de valvas. Constituídas basicamente de carbonato de cálcio ($CaCO_3$), as conchas são rígidas e resistentes, protegendo e dando sustentação esquelética aos moluscos. (Fig. 8.21)

A nutrição dos moluscos é diversificada, com espécies carnívoras, herbívoras e filtradoras. Com exceção dos bivalves, que filtram partículas alimentares diretamente da água, todos os outros moluscos são dotados de uma "língua raladora", a **rádula**. Trata-se de uma estrutura em forma de fita, com fileiras de pequenos dentes de quitina, cujo número varia entre 16 mil e 750 mil. Músculos ligados à rádula permitem executar movimentos de vaivém, que raspam o alimento e o transformam em pequenas partículas.

Na cavidade bucal dos moluscos desembocam glândulas salivares que secretam muco sobre o alimento. Certas espécies têm bolsas esofágicas com enzimas digestivas. No estômago desemboca o **hepatopâncreas**, constituído de um par de glândulas digestivas que desempenham funções equivalentes às do fígado e do pâncreas dos vertebrados. Além de secretar enzimas digestivas, o hepatopâncreas armazena proteínas, lipídios, glicogênio e sais de cálcio e produz excreções.

ILUSTRAÇÕES: OSVALDO SEQUETIN

LUCA INVERNIZZI TETTONI/TIPS/GLOW IMAGES

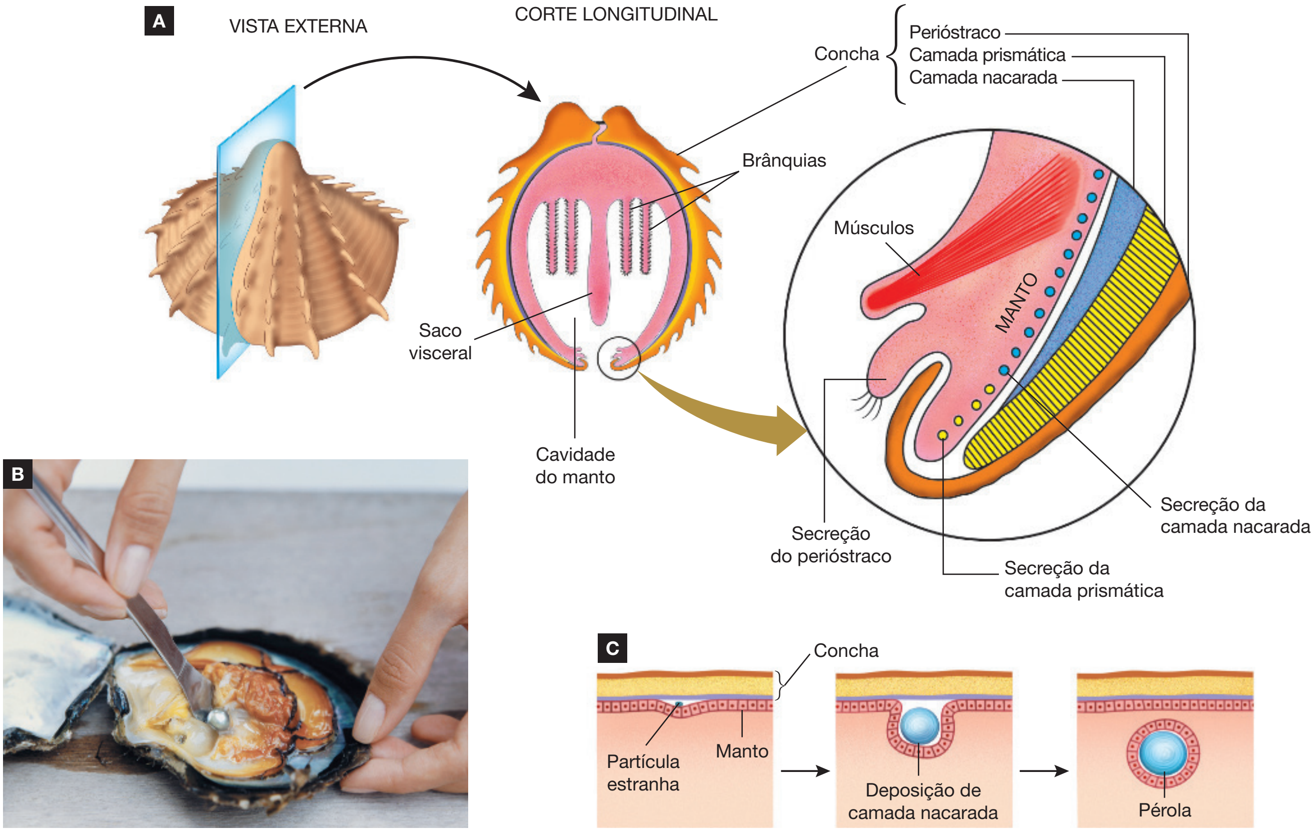

A
VISTA EXTERNA
CORTE LONGITUDINAL
Concha
Perióstraco
Camada prismática
Camada nacarada
Brânquias
Músculos
MANTO
Saco visceral
Cavidade do manto
Secreção do perióstraco
Secreção da camada nacarada
Secreção da camada prismática
B
C
Concha
Partícula estranha
Manto
Deposição de camada nacarada
Pérola

Figura 8.21 A. Representação esquemática das três partes da concha de um bivalve: a mais interna, de aspecto liso e brilhante, é a camada nacarada, ou nácar; a intermediária, mais espessa, é a camada prismática, formada por cristais de carbonato de cálcio dispostos perpendicularmente à concha; a mais externa é a camada orgânica, ou perióstraco, constituída principalmente de material orgânico. **B.** Ostra *Crassostrea gigas* aberta para mostrar uma pérola com cerca de 1 cm de diâmetro. **C.** Representação esquemática das etapas de formação de uma pérola: um objeto estranho, como um grão de areia, se interpõe entre a concha e o manto, sendo envolvido por células epiteliais que secretam sobre ele inúmeras camadas sobrepostas de nácar, originando a pérola. (Em **A** e **C**, elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Reprodução e ciclo de vida

Moluscos têm reprodução sexuada. A maioria dos bivalves e alguns gastrópodes são dioicos e eliminam os gametas na água, onde a fecundação ocorre. O zigoto desenvolve-se em uma larva ciliada, a **trocófora**, que nada ativamente. Na maioria das espécies, a trocófora transforma-se em um segundo estágio larval, denominado **véliger**, na qual se formam o pé e a concha. (Fig. 8.22)

ILUSTRAÇÕES: CANÇADO

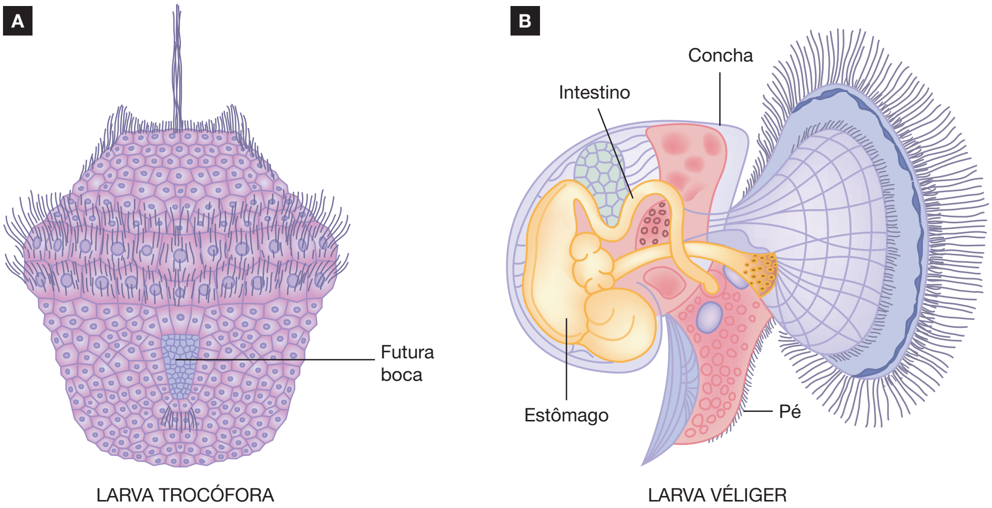
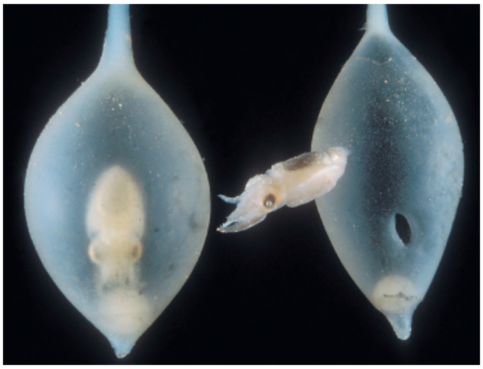

A
Futura boca
LARVA TROCÓFORA
B
Concha
Intestino
Estômago
Pé
LARVA VÉLIGER

Figura 8.22 Representação esquemática das duas formas larvais de moluscos. **A.** Trocófora. **B.** Véliger. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)



FRED BAVENDAM/MINDEN PICTURES/LATINSTOCK

Figura 8.23 Ovos de sépia (*Sepia apama*), que medem aproximadamente 3 cm de comprimento. O ovo da direita acabou de eclodir, liberando um jovem semelhante ao adulto.

A maioria dos gastrópodes é monoica. Caracóis-de-jardim, por exemplo, têm uma gônada única, hermafrodita – a **ovoteste** –, que produz tanto óvulos como espermatozoides. Na cópula, dois indivíduos sexualmente maduros encostam seus poros genitais e cada um introduz o pênis no poro genital do parceiro. Os espermatozoides são armazenados temporariamente em um receptáculo seminal, aguardando o amadurecimento dos óvulos. Estes recebem reservas nutritivas de uma glândula albuminosa e, após a fecundação, são envolvidos por uma casca ou por uma massa gelatinosa, antes de ser eliminados pelo poro genital. O desenvolvimento é direto, sem estágio larval.

Cefalópodes são dioicos. O macho usa um tentáculo especializado para depositar um pacote de espermatozoides na cavidade do manto da fêmea ou em uma saliência que ela tem sob a boca. Os ovos são fecundados internamente e envoltos por uma cápsula gelatinosa, antes de ser libertados na água ou fixados a objetos submersos. O desenvolvimento é direto, sem estágios larvais. (Fig. 8.23)

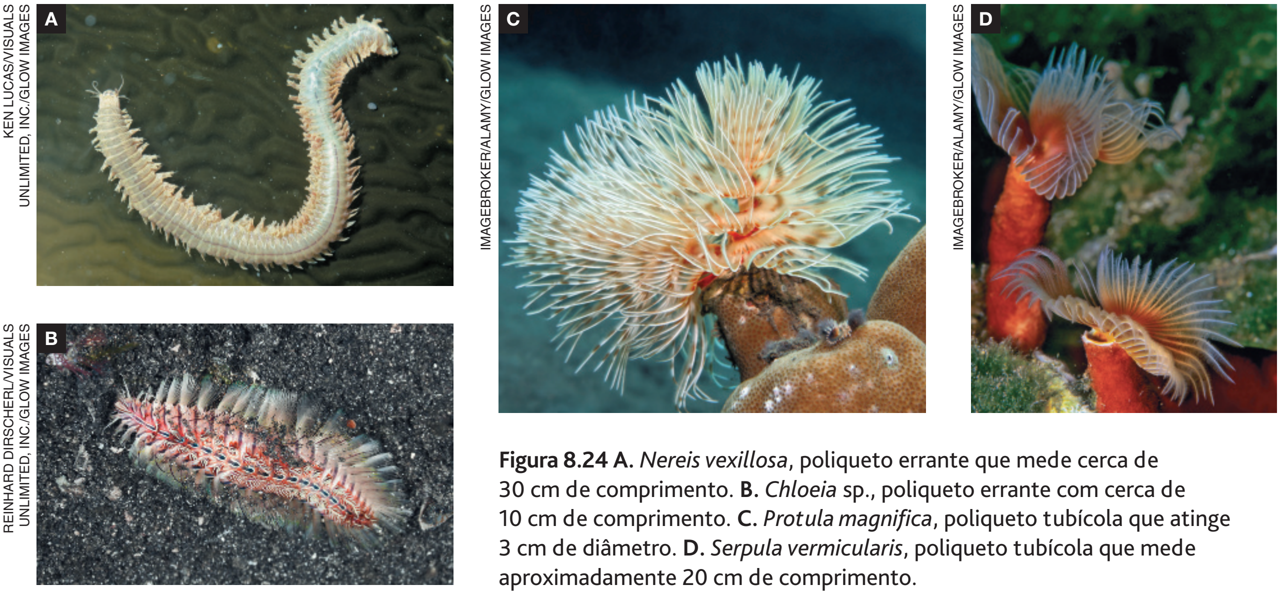
8.6 Filo Annelida (anelídeos)

Características gerais

Os **anelídeos** (filo **Annelida**, do latim *annellus*, anel) são animais de corpo alongado, estruturado em segmentos dispostos em sequência. Há cerca de 16,5 mil espécies descritas de anelídeos, distribuídas em três grupos principais: poliquetos (classe Polychaeta), oligoquetos (classe Oligochaeta) e hirudíneos (classe Hirudinea).

Poliquetos (do grego *polys*, muito, e *chaite*, cerda) são anelídeos dotados de grande número de projeções rígidas de quitina – **cerdas** – implantadas em expansões laterais de cada segmento do corpo, os **parápodes**, ou parapódios (do grego *para*, semelhante, e *podos*, pé, perna).

Os poliquetos têm cabeça diferenciada, com palpos, antenas, olhos etc. Eles são animais bentônicos, isto é, relacionados com o fundo marinho. Habitam desde praias e costões rochosos, na faixa das marés, até as profundezas abissais. Algumas espécies, como *Nereis virens* (nereida), são predadoras e rastejam ativamente pelos fundos marinhos à procura de animais que lhes sirvam de alimento. Outros poliquetos são sésseis, vivendo em tubos que eles mesmos constroem com grãos de areia ou com material calcário secretado pela parede do corpo. A alimentação de muitos poliquetos sésseis baseia-se em organismos microscópicos, como larvas diversas e microcrustáceos, filtrados da água do mar. (Fig. 8.24)



KEN LUCAS/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

REINHARD DIRSCHERL/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

IMAGEBROKER/ALAMY/GLOW IMAGES

IMAGEBROKER/ALAMY/GLOW IMAGES

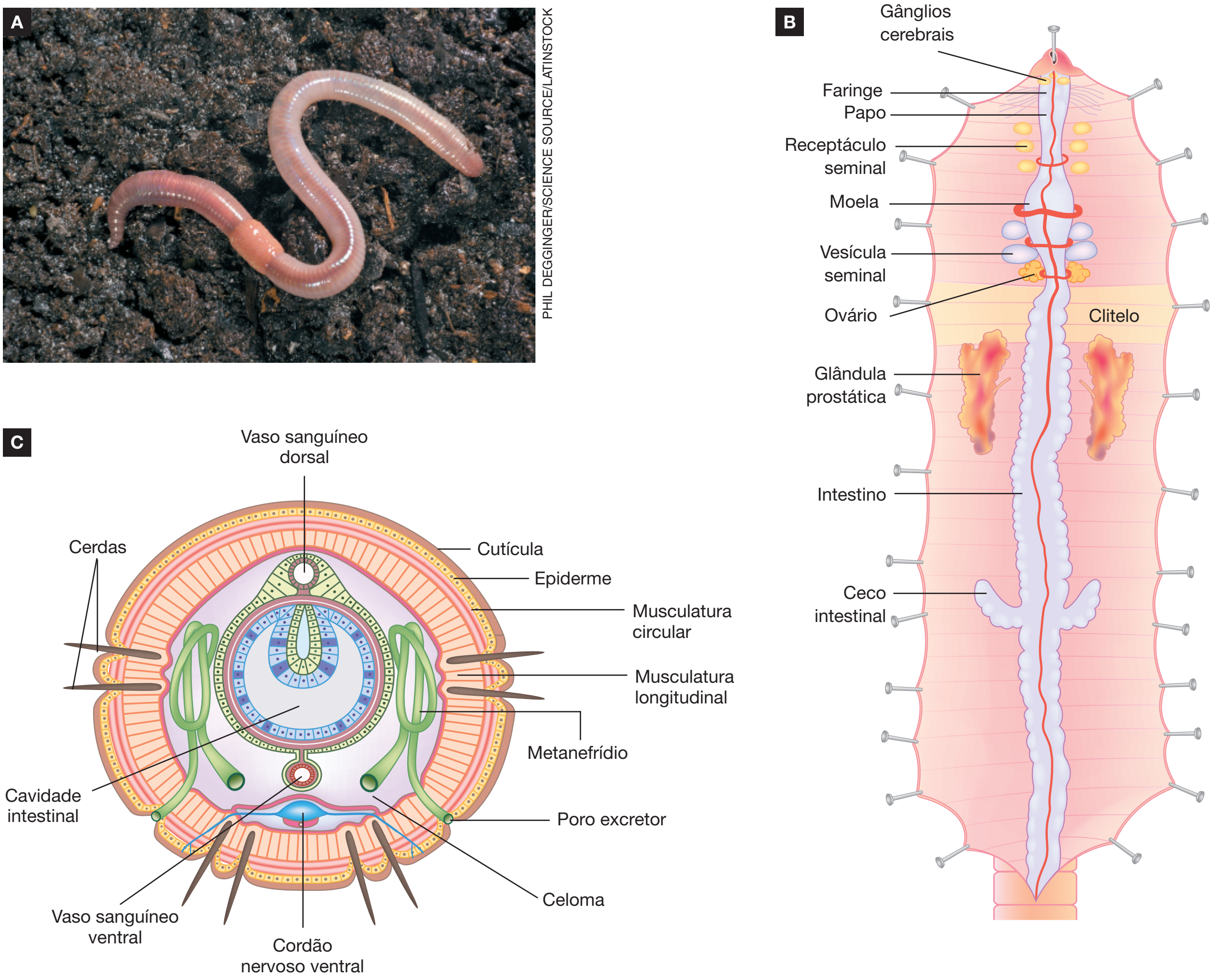
Figura 8.24 **A.** *Nereis vexillosa*, poliqueto errante que mede cerca de 30 cm de comprimento. **B.** *Chloeia* sp., poliqueto errante com cerca de 10 cm de comprimento. **C.** *Protula magnifica*, poliqueto tubícola que atinge 3 cm de diâmetro. **D.** *Serpula vermicularis*, poliqueto tubícola que mede aproximadamente 20 cm de comprimento.

Oligoquetos (do grego *oligos*, pouco, e *chaite*, cerda) são anelídeos caracterizados pela presença de relativamente poucas **cerdas** corporais. As minhocas são os exemplos mais conhecidos de oligoquetos. É difícil ver as cerdas das minhocas a olho nu, mas é fácil senti-las, se percorrermos o corpo do animal com a ponta dos dedos, da região posterior para a anterior.

Os oligoquetos vivem em solos úmidos ou em ambientes de água doce. Há desde exemplares com poucos milímetros de comprimento até os de grande porte, como o minhocuçu (*Rhinodrilus fafner*), espécie que se supõe extinta e que atingia 2 m de comprimento e 2,5 cm de diâmetro.

Um oligoqueto de terra firme bem conhecido no Brasil é a minhoca *Pheretima hawayana*, chamada de minhoca-louca por se contorcer freneticamente quando incomodada. *Tubifex* é um gênero de pequenas minhocas avermelhadas que vivem em tubos, no lodo do fundo de lagos e rios de águas poluídas, alimentando-se de detritos. A presença desses anelídeos é um indicador positivo da poluição da água por detritos orgânicos.

O corpo da minhoca é revestido externamente por uma cutícula fina e transparente, secretada pela epiderme. Sob ela, a musculatura organiza-se em pacotes de fibras longitudinais, circulares e oblíquas, possibilitando ampla variedade de movimentos corporais. Minhocas sexualmente maduras apresentam um conjunto de segmentos diferenciados que constituem o **clitelo**. Os segmentos clitelares secretam muco para a formação de um casulo externo ao corpo do animal, dentro do qual ocorre a fecundação dos óvulos. (Fig. 8.25)


A
B
Gânglios cerebrais
Faringe
Papo
Receptáculo seminal
Moela
Vesícula seminal
Ovário
Clitelo
Glândula prostática
Intestino
Ceco intestinal
C
Vaso sanguíneo dorsal
Cerdas
Cutícula
Epiderme
Musculatura circular
Musculatura longitudinal
Metanefrídio
Cavidade intestinal
Poro excretor
Celoma
Vaso sanguíneo ventral
Cordão nervoso ventral

PHIL DEGGINGER/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

ILUSTRAÇÕES: CANÇADO

Figura 8.25 A. *Lumbricus terrestris*, minhoca que mede aproximadamente 10 cm de comprimento (embora alguns indivíduos possam atingir 30 cm). Note a região do clitelo, de cor mais clara e que abrange 3 segmentos corporais. **B.** Representação esquemática de uma minhoca dissecada, mostrando seus principais órgãos internos. **C.** Representação esquemática de uma minhoca, em corte transversal, mostrando músculos, cerdas e outras partes corporais. (Em **B** e **C**, elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Aproveite a discussão sobre a importância ecológica das minhocas para realizar a atividade proposta no *Faça você mesmo!*. O minhocário pode ser construído coletivamente e mantido na escola para ser utilizado para reciclar o lixo orgânico produzido pelos alunos. Para tornar o trabalho mais interessante, é possível calcular o tempo de decomposição da matéria orgânica no minhocário e compará-lo ao tempo de decomposição em um aterro sanitário ou, ainda, calcular a quantidade de matéria orgânica que pode ser reciclada em um determinado tempo (uma semana, por exemplo).

As minhocas desempenham papel importante na reciclagem de materiais orgânicos e na fertilização do solo. Elas escavam túneis que permitem a aeração do solo, favorecendo a respiração para as raízes das plantas. Ao se alimentar de restos orgânicos, principalmente de folhas, as minhocas auxiliam no processo de decomposição. Além disso, elas produzem fezes e urina ricas em substâncias nitrogenadas fertilizantes. O esterco desses anelídeos, conhecido como húmus de minhoca, constitui um adubo de alta qualidade.

Hirudíneos são anelídeos sem cerdas nem parápodes, ligeiramente achatados dorsoventralmente. Muitas espécies vivem na água doce e no mar; algumas habitam brejos e pântanos. As sanguessugas são exemplos dos hirudíneos conhecidos, em que muitas espécies se alimentam do sangue de animais vertebrados.

As sanguessugas têm duas ventosas para fixação ao corpo do hospedeiro: uma ao redor da boca (ventosa oral ou anterior) e outra na extremidade oposta (ventosa posterior). Uma vez fixado, o animal perfura a pele da vítima sem provocar dor e, por ação da forte musculatura de sua faringe, suga seu sangue, que flui facilmente graças a uma substância anticoagulante produzida pelas glândulas salivares do hirudíneo.

No passado, sanguessugas da espécie *Hirudo medicinalis* foram muito utilizadas em sangrias, técnicas terapêuticas baseadas na crença de que as doenças podiam ser eliminadas do corpo pela retirada de sangue. Esse tipo de terapia foi abandonado a partir de meados do século XIX, com os avanços da medicina e da fisiologia. No entanto, ainda hoje sanguessugas são utilizadas para remover hematomas em ferimentos traumáticos ou cirúrgicos. (Fig. 8.26)

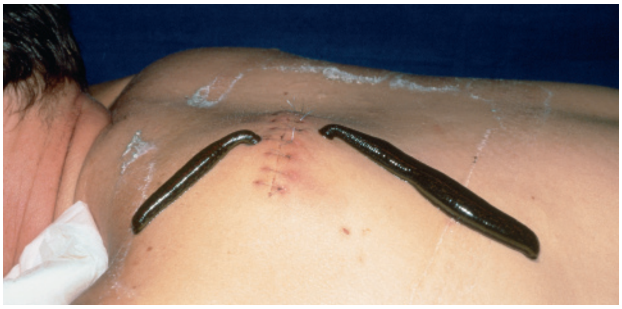

ST BARTHLOMEW'S HOSPITAL/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Figura 8.26 Sanguessugas *Hirudo medicinalis* aplicadas sobre hematomas pós-cirúrgicos, nas costas de uma pessoa. Esses animais têm de 6 a 10 cm de comprimento.

Reprodução e ciclo de vida

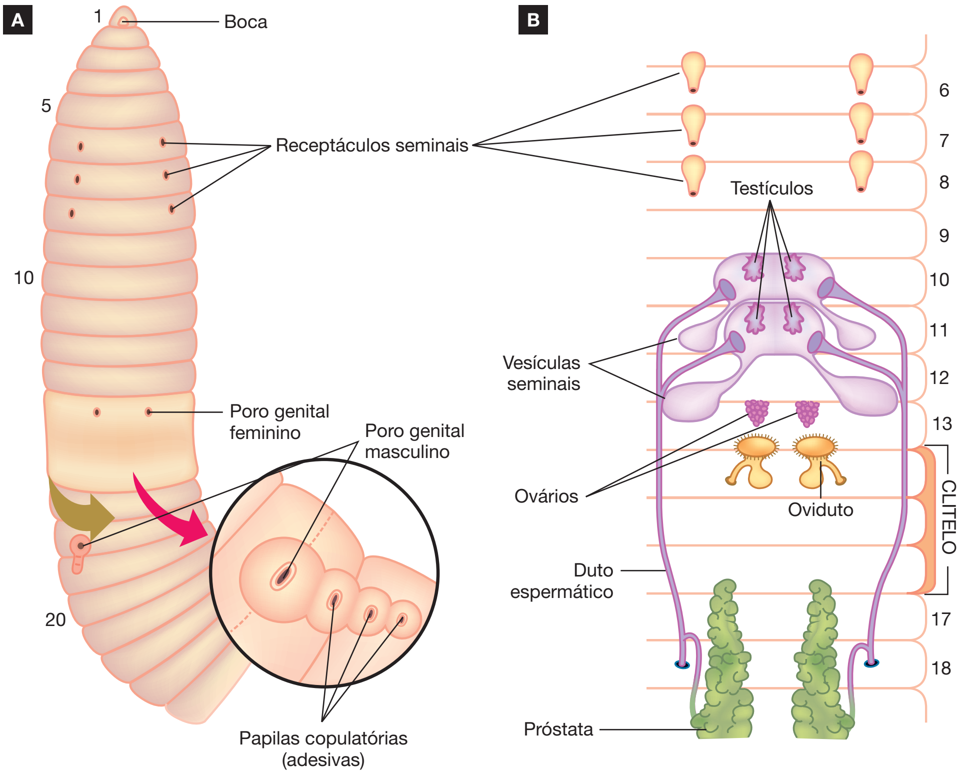
A maioria dos poliquetos é dioica, com fecundação externa e desenvolvimento indireto, com larva trocófora. Oligoquetos e hirudíneos são monoicos e têm desenvolvimento direto, sem estágio larval.

Para ilustrar a reprodução de um anelídeo, estudaremos a minhoca-louca, *Pheretima hawayana*. Os representantes dessa espécie têm entre 85 e 95 segmentos corporais, numerados pelos especialistas a partir da extremidade anterior. O segmento de número 1 apresenta uma projeção dilatada, o prostômio, utilizada para cavar o solo. Nos segmentos 6, 7 e 8 há três pares de orifícios na face ventral, que são as aberturas dos **receptáculos seminais**, ou espermatecas, cuja função é armazenar espermatozoides recebidos de outra minhoca na cópula.

Na região ventral do clitelo, formado pelos segmentos 14, 15 e 16, há um par de **poros genitais femininos**, que se conectam internamente a duas estruturas em forma de funil, os **ovidutos**. Estes captam os óvulos liberados por um par de ovários e os conduzem ao poro genital feminino.

As partes reprodutoras masculinas da minhoca são formadas por dois pares de testículos, dois pares de vesículas seminais, um par de túbulos seminíferos e um par de glândulas prostáticas. Os espermatozoides produzidos pelos testículos migram para as vesículas seminais, onde ficam armazenados. Daí eles seguem pelos dutos espermáticos e se misturam com a secreção proveniente da próstata, formando o esperma, que é eliminado pelos poros genitais masculinos durante a cópula.

À noite, minhocas sexualmente maduras saem de seus túneis subterrâneos e copulam, unindo suas superfícies ventrais por meio de estruturas adesivas denominadas papilas copulatórias. Os parceiros orientam-se em sentidos opostos, de modo que os poros genitais masculinos de uma das minhocas ficam em contato com os receptáculos seminais da outra e vice-versa; o fluido com espermatozoides é expelido pelos poros genitais masculinos e armazenado nos receptáculos seminais do parceiro. (Fig. 8.27)


A
1
Boca
5
Receptáculos seminais
10
Poro genital feminino
Poro genital masculino
20
Papilas copulatórias (adesivas)
B
6
7
8
Testículos
9
10
11
12
13
Vesículas seminais
Ovários
Oviduto
CLITELO
Duto espermático
17
18
Próstata

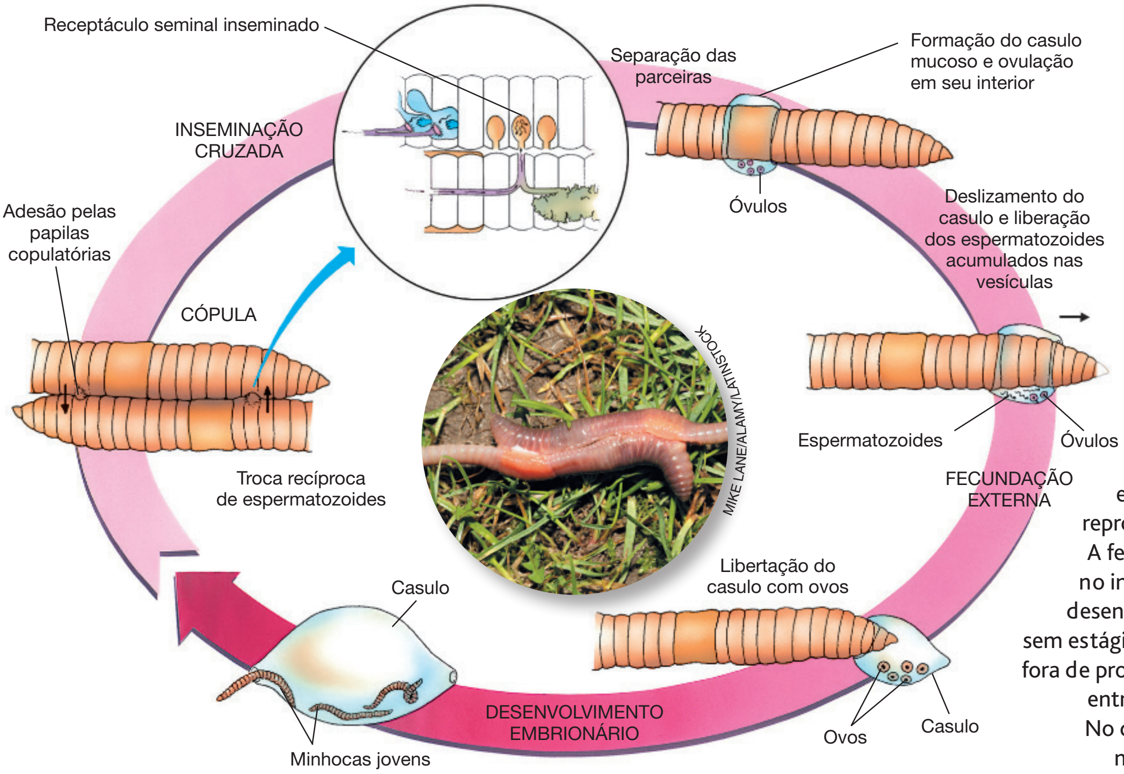
ILUSTRAÇÕES: CANÇADO

Figura 8.27 Representações esquemáticas do sistema reprodutor da minhoca. **A.** Vista externa da face ventral da minhoca, mostrando a localização das diversas aberturas do sistema reprodutor, com detalhe das papilas copulatórias. **B.** Estrutura interna dos órgãos que compõem o sistema reprodutor hermafrodita da minhoca. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Após a cópula, os parceiros separam-se e cada minhoca secreta um casulo tubular mucoso em torno do clitelo, dentro do qual são eliminados os óvulos. A minhoca se contrai e o casulo desloca-se em direção à extremidade anterior do corpo. Quando passa pelos receptáculos seminais, estes se contraem e eliminam no interior do casulo os espermatozoides armazenados, que fecundam os óvulos ali presentes.

O casulo mucoso desliza para a extremidade anterior da minhoca e se solta, fechando-se nas pontas; ele tem cerca de 1 cm de comprimento; em seu interior, os ovos se desenvolvem e originam diretamente pequenas minhocas, sem estágio larval. (Fig. 8.28)


Receptáculo seminal inseminado
INSEMINAÇÃO CRUZADA
Separação das parceiras
Formação do casulo mucoso e ovulação em seu interior
Óvulos
Adesão pelas papilas copulatórias
CÓPULA
Deslizamento do casulo e liberação dos espermatozoides acumulados nas vesículas
Troca recíproca de espermatozoides
Espermatozoides
Óvulos
FECUNDAÇÃO EXTERNA
Casulo
Libertação do casulo com ovos
DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO
Minhocas jovens
Ovos
Casulo

MIKE LANE/ALAMY/LATINSTOCK

ILUSTRAÇÃO: SIMONKA

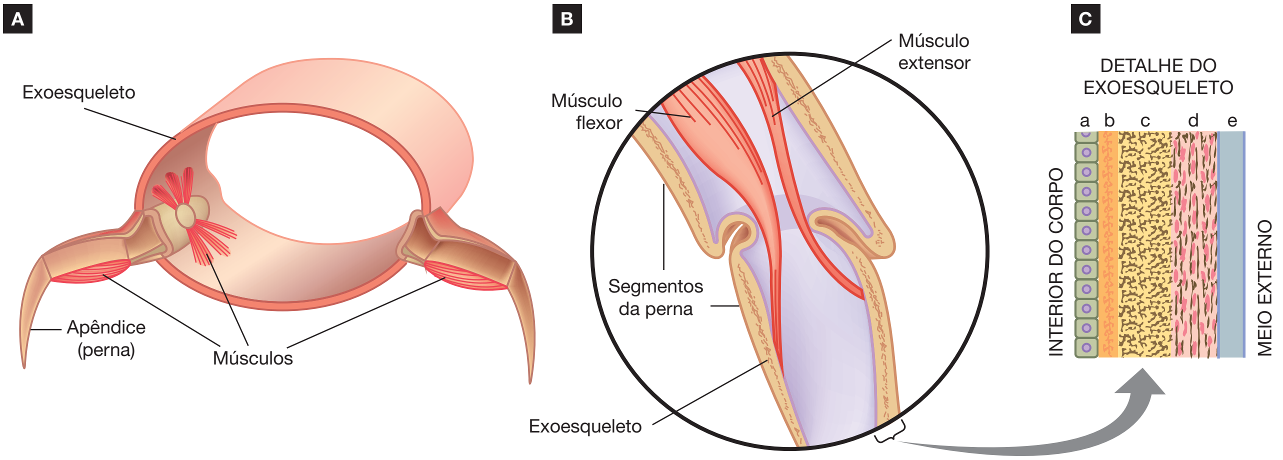
Figura 8.28 Representação esquemática do ciclo reprodutivo da minhoca. A fecundação é externa, no interior do casulo, e o desenvolvimento é direto, sem estágio larval. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) No centro, fotografia de minhocas em cópula.

8.7 Filo Arthropoda (artrópodes)

Características gerais

Artrópodes (filo **Arthropoda**, do grego *arthron*, junta, articulação, e *podós*, perna) são animais de corpo metamerizado, completamente revestido por um exoesqueleto quitinoso, dotados de apêndices articulados (pernas, antenas, peças bucais etc.), característica que dá nome ao filo. Na maioria das espécies, grupos de segmentos corporais (metâmeros) fundem-se durante o desenvolvimento embrionário, constituindo as diferentes partes do corpo, ou **tagmas**. Por exemplo, o corpo dos insetos é composto de três tagmas: cabeça, tórax e abdome. A cabeça dos insetos é um tagma resultante da fusão dos seis metâmeros anteriores; em diversos crustáceos, há fusão dos metâmeros da cabeça e do tórax, originando o tagma denominado **cefalotórax**.

O **exoesqueleto** dos artrópodes é constituído basicamente do polissacarídio nitrogenado **quitina** e pode conter carbonato de cálcio ($CaCO_3$), como ocorre em caranguejos e lagostas. O exoesqueleto impossibilita o crescimento corporal e, para crescer, os artrópodes precisam trocá-lo periodicamente, em um fenômeno denominado **ecdise**, ou muda. Isso geralmente acontece várias vezes ao longo da vida do artrópode. (Fig. 8.29)



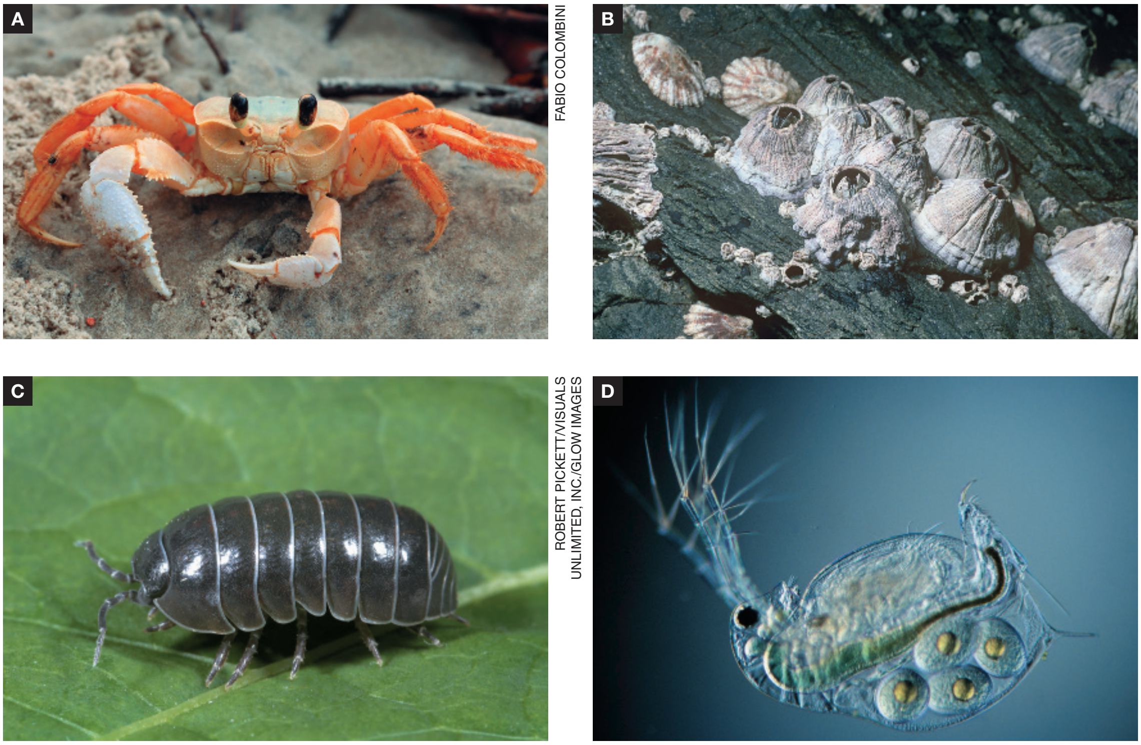
ILUSTRAÇÕES: CANÇADO

Figura 8.29 A. Representação esquemática do exoesqueleto de um segmento corporal de artrópode. **B.** Representação esquemática da articulação de uma perna de crustáceo, mostrando os músculos responsáveis por sua movimentação. **C.** Representação esquemática da organização do exoesqueleto de artrópode: (a) epiderme; (b) quitina não calcificada; (c) quitina calcificada; (d) camada pigmentada; (e) epicutícula. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

O filo dos artrópodes é muito diversificado. De acordo com a organização corporal, o número e os tipos de apêndices, a presença e o número de antenas, entre outras características, os artrópodes são divididos em quatro grupos principais: crustáceos (Crustacea), que reúne camarões, siris, lagostas etc.; quelicerados (Chelicerata), que reúne aranhas, escorpiões, ácaros etc.; hexápodes (Hexapoda), que reúne principalmente os insetos; miriápodes (Myriapoda), que reúne lacraias, piolhos-de-cobra etc.

Crustáceos

Os **crustáceos** têm dois pares de antenas e seu corpo geralmente é dividido em dois tagmas – cefalotórax e abdome –, ambos dotados de apêndices locomotores. A maioria das cerca de 40 mil espécies de crustáceo vive em ambientes aquáticos, marinhos ou de água doce. Há espécies sésseis, como as cracas, que vivem fixadas a rochas e a outros substratos submersos; outras são livre-natantes, como certos camarões; outras, ainda, caminham sobre o fundo marinho, como siris, lagostas e muitos camarões. Entre os poucos crustáceos de terra firme destacam-se os tatuzinhos-de-jardim, que vivem sob pedras ou troncos apodrecidos, e as baratas-de-praia, que habitam ambientes rochosos do litoral marinho. (Fig. 8.30)

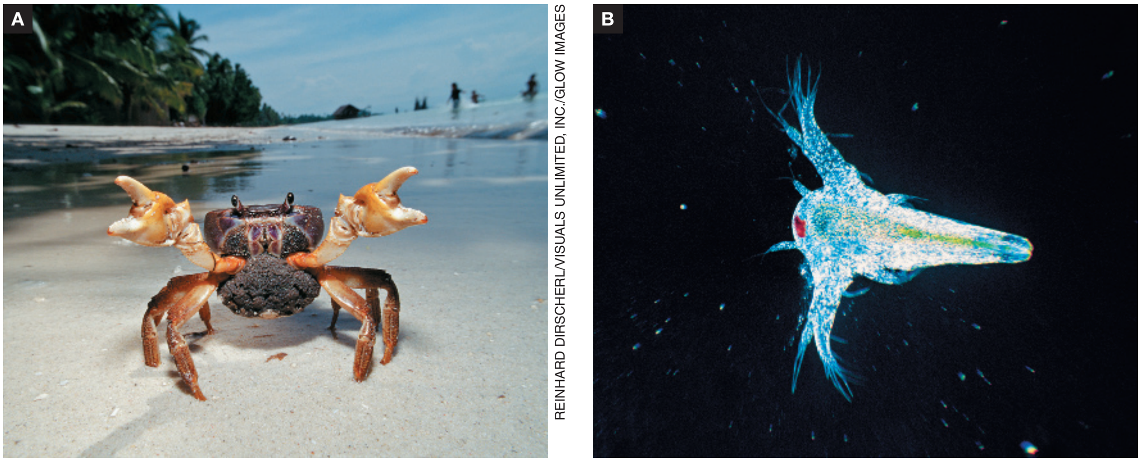


FABIO COLOMBINI
PREMAPHOTOS/ALAMY/GLOW IMAGES
ROBERT PICKETT/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES
WIM VAN EGMOND/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 8.30 Exemplos de crustáceos. **A.** Caranguejo maria-farinha (*Ocypode quadrata*) com 8 cm de comprimento. **B.** *Balanus perforatus*, craca que mede cerca de 2 cm de diâmetro. **C.** *Armadillidium vulgare*, tatuzinho-de-jardim com aproximadamente 1,5 cm de comprimento. **D.** Copépode *Daphnia longispina*. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 30×.)

Os hábitos alimentares dos crustáceos refletem sua diversidade. Cracas, por exemplo, são animais filtradores, retirando partículas alimentares da água do mar. Certos caranguejos são herbívoros, alimentando-se de algas; outros são carnívoros ou alimentam-se de animais mortos. Camarões, siris e alguns caranguejos são detritívoros, alimentando-se de diversos tipos de detritos orgânicos que encontram.

A maioria dos crustáceos é dioica. Os machos possuem apêndices especializados na transferência de pacotes de espermatozoides para os receptáculos seminais da fêmea, onde ficam armazenados. Os óvulos, eliminados pelos poros genitais, permanecem aderidos ao abdome da fêmea, onde são fecundados. Em algumas espécies, o desenvolvimento é direto; em outras, ocorrem um ou mais estágios larvais. (Fig. 8.31)

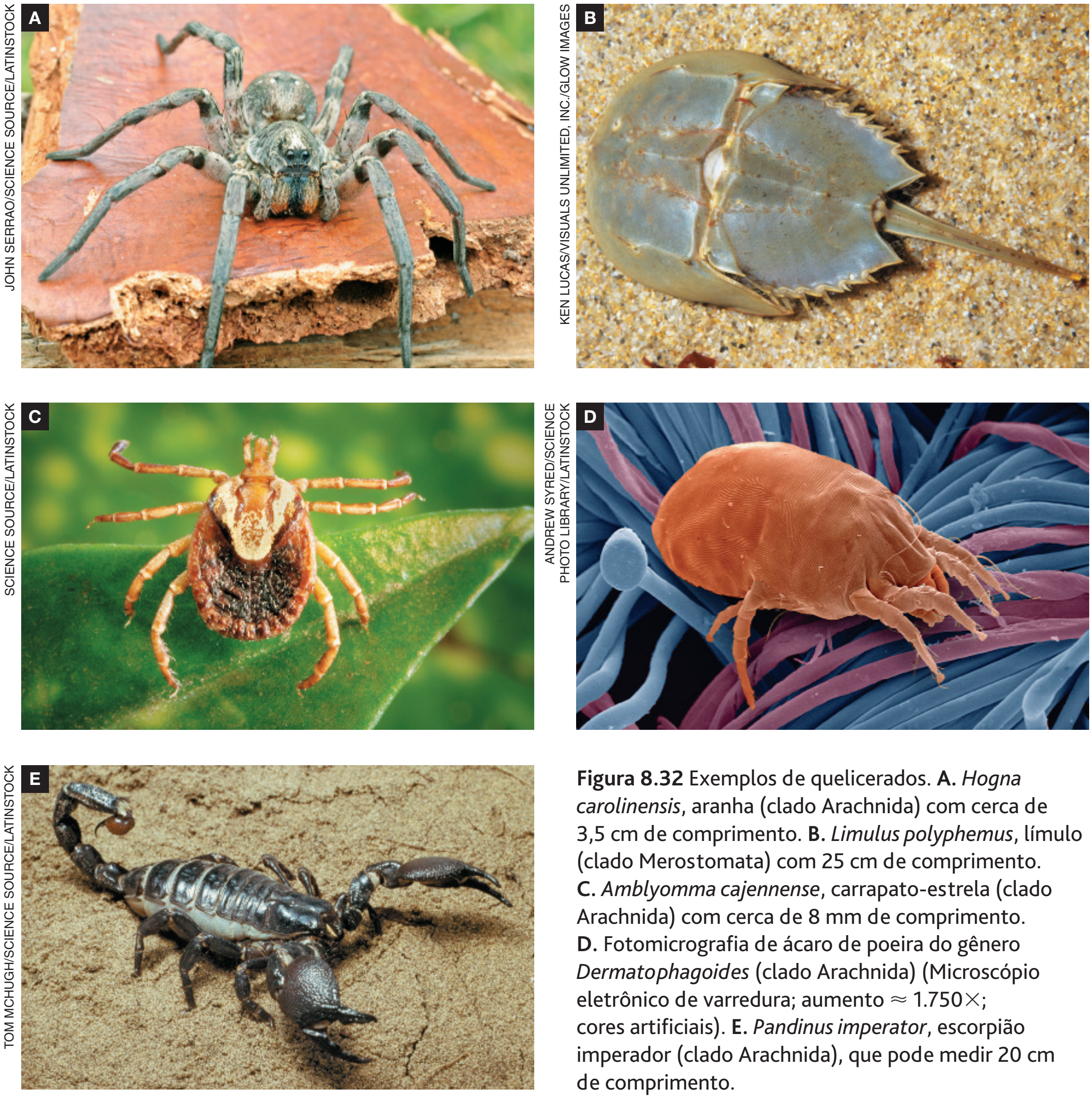


REINHARD DIRSCHERL/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES
BLICKWINKEL/HECKER/ALAMY/LATINSTOCK

Figura 8.31 A. Fêmea de caranguejo *Gecarcoidea* sp. com ovos (de cor quase preta) aderidos ao abdome. Esse animal mede aproximadamente 11 cm de comprimento. **B.** Fotomicrografia de larva do microcrustáceo *Artemia salina*. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 80×.)

Quelicerados

Os **quelicerados**, que reúnem animais como aranhas, escorpiões, carrapatos, ácaros e límulos, têm quatro pares de pernas e não apresentam antenas. Uma característica típica do grupo é um par de **quelíceras**, estruturas afiadas que participam da captura de alimento. A maioria das cerca de 65 mil espécies de quelicerados tem o corpo dividido em dois tagmas: o cefalotórax, ou prossoma, e o abdome, ou opistossoma. (Fig. 8.32)



JOHN SERRAO/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

KEN LUCAS/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

ANDREW SYRED/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

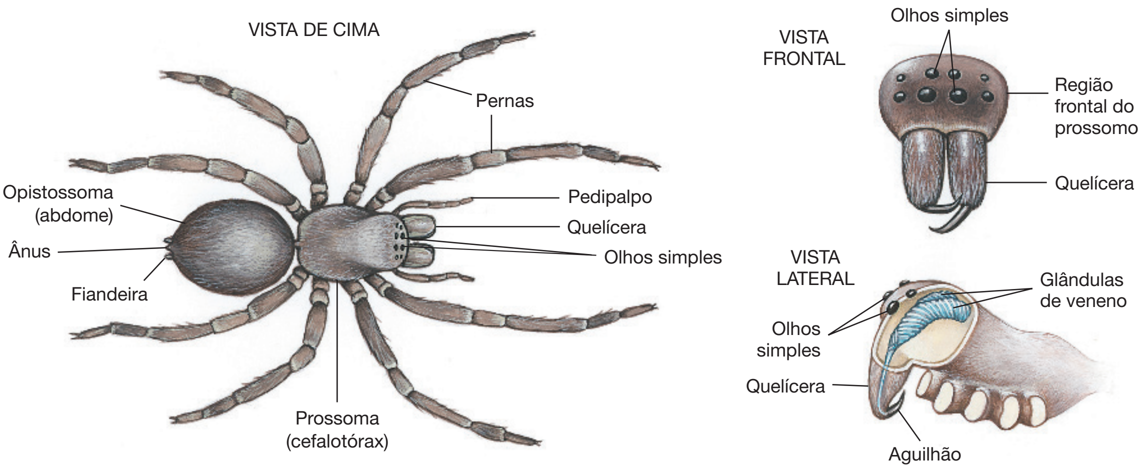
TOM MCHUGH/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

Figura 8.32 Exemplos de quelicerados. **A.** *Hogna carolinensis*, aranha (clado Arachnida) com cerca de 3,5 cm de comprimento. **B.** *Limulus polyphemus*, límulo (clado Merostomata) com 25 cm de comprimento. **C.** *Amblyomma cajennense*, carrapato-estrela (clado Arachnida) com cerca de 8 mm de comprimento. **D.** Fotomicrografia de ácaro de poeira do gênero *Dermatophagoides* (clado Arachnida) (Microscópio eletrônico de varredura; aumento ≈ 1.750×; cores artificiais). **E.** *Pandinus imperator*, escorpião imperador (clado Arachnida), que pode medir 20 cm de comprimento.

Incentive os alunos a pesquisar as espécies de aracnídeos da região e a determinar quais espécies podem trazer algum perigo para os seres humanos, bem como as maneiras para evitar acidentes.

O maior grupo de quelicerados é o dos **aracnídeos** (Arachnida), que reúne aranhas, opiliões, escorpiões, carrapatos e ácaros, animais adaptados à terra firme. Aranhas vivem em matas, pântanos, desertos e casas. Escorpiões são comuns não só em regiões áridas, passando o dia escondidos em tocas e saindo à noite para caçar pequenos animais, geralmente insetos. Aracnídeos podem produzir peçonha, injetada nas presas pelas quelíceras, nas aranhas, e pelo aguilhão caudal, nos escorpiões. (Fig. 8.33)

Aracnídeos são dioicos. Em aranhas, um macho sexualmente maduro tece um saquinho de seda, onde coloca seus espermatozoides. Ao encontrar uma fêmea adulta, após os rituais de acasalamento, ele introduz o pacote de espermatozoides no poro genital feminino, com o auxílio dos pedipalpos. A fecundação é interna e a fêmea põe os ovos dentro de um casulo de seda tecido por ela, o ovissaco. Algumas aranhas carregam consigo o ovissaco, enquanto outras o deixam preso à teia ou a ramos de árvore. Dos ovos eclodem pequenas aranhas, semelhantes aos pais (desenvolvimento direto). Como outros artrópodes, a aranha passa por sucessivas mudas ao longo de sua vida.



ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

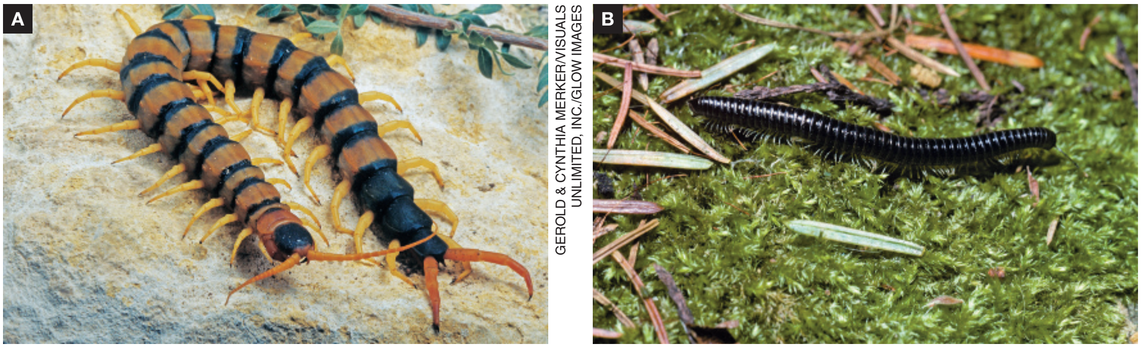
Figura 8.33 Representação esquemática da anatomia externa de uma aranha. Pedipalpos são apêndices especializados em manipular alimentos, ajudam a espremer a presa e também atuam como órgãos gustativos e reprodutivos. Fiandeiras, ou espinaretas, são estruturas nas quais desembocam as glândulas produtoras de seda utilizada na confecção da teia. Abaixo, à direita, prossoma em vista lateral com parte removida para mostrar as glândulas de veneno e a quelícera. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Miriápodes

Os **miriápodes**, divididos em quilópodes e diplópodes, são artrópodes de corpo alongado, dotados de muitas pernas e um par de antenas.

Quilópodes, com cerca de 3 mil espécies conhecidas, reúnem centopeias e lacraias. Têm corpo formado por dois tagmas: cabeça e tronco, este último constituído por metâmeros torácicos e abdominais. Cada um dos metâmeros, cujo número varia entre 15 e 170, dependendo da espécie, apresenta um par de pernas.

Diplópodes, com cerca de 10 mil espécies descritas, reúnem piolhos-de-cobra ou embuás. São animais com corpo constituído de três tagmas: cabeça, tórax e abdome. A cabeça, arredondada na parte superior e plana na porção inferior, apresenta um par de grandes mandíbulas, um par de antenas e um par de olhos formados por ocelos dotados de lentes planas. O tórax é formado por três metâmeros, cada um com um par de pernas. O abdome é formado por 25 a 100 metâmeros, dependendo da espécie, cada um resultante da fusão de dois metâmeros embrionários, o que é evidenciado pela presença de dois pares de pernas por segmento abdominal. (Fig. 8.34)



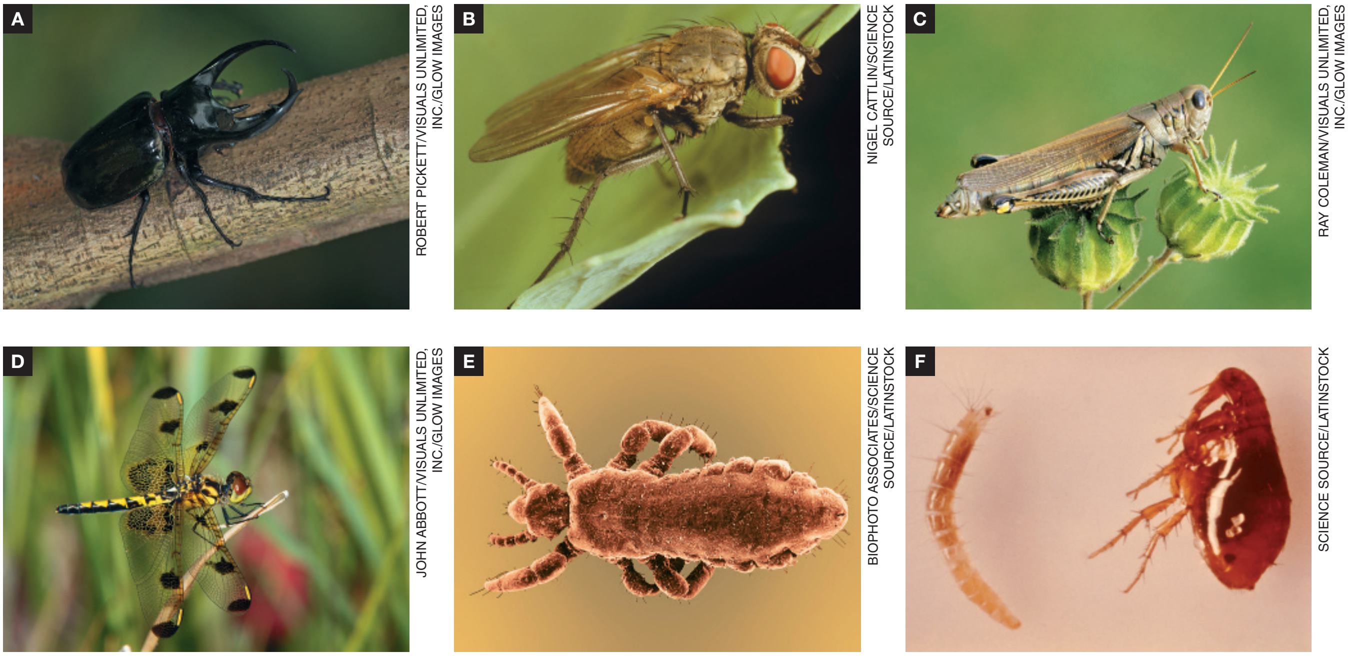
GEROLD & CYNTHIA MERKER/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

PREMAPHOTOS/NATURE/FOTOARENA

Figura 8.34 A. Lacraia (quilópode) da espécie *Scolopendra heros* com cerca de 8 cm de comprimento. **B.** Piolho-de-cobra, ou embuá (diplópode) da espécie *Cylindroiulus punctates* animal que chega a medir 3 cm de comprimento.

Hexápodes

Os **hexápodes** (Hexapoda, do grego *hexa*, seis, e *podos*, pé, perna) reúnem artrópodes que têm três pares de pernas e um par de antenas. A maioria pertence ao grupo dos insetos, o mais diversificado do filo Arthropoda, com mais de 900 mil espécies descritas. Hexápodes bem conhecidos são os besouros, as moscas, os mosquitos, os gafanhotos, as baratas, as traças, as formigas, as abelhas, as libélulas, os piolhos e as pulgas, entre tantos outros. (Fig. 8.35)



ROBERT PICKETT/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

NIGEL CATTLIN/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

RAY COLEMAN/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

JOHN ABBOTT/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

BIOPHOTO ASSOCIATES/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

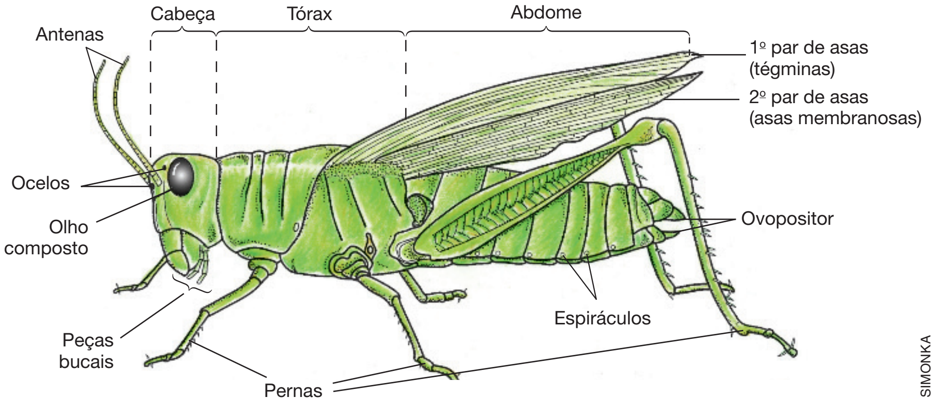
Figura 8.35 Exemplos de insetos. **A.** *Chalcosoma caucasus*, besouro que chega a medir 12 cm de comprimento. **B.** *Delia radicum*, mosca com aproximadamente 1 cm de comprimento. **C.** *Melanoplus differentialis*, gafanhoto com cerca de 4 cm de comprimento. **D.** *Celithemis elisa*, libélula que mede aproximadamente 3 cm de envergadura. **E.** Piolho *Pediculus humanus*. (Microscópio eletrônico de varredura; aumento $\approx 20\times$.) **F.** *Xenopsylla cheopis*, pulga que mede cerca de 3 mm de comprimento.

Insetos são organismos adaptados a ambientes de terra firme. São os únicos invertebrados capazes de voar, o que possibilitou ao grupo colonizar todas as regiões do planeta.

Para ilustrar as características típicas de um inseto, escolhemos um gafanhoto, fácil de observar e com diversas espécies brasileiras. A cabeça de um gafanhoto, como a dos demais insetos, resulta da fusão de seis metâmeros. Nela há um par de antenas, um par de olhos compostos e três ocelos. Na parte inferior da cabeça localizam-se as peças bucais (mandíbulas, maxilas etc.), adaptadas à mastigação e à ingestão de alimento sólido.

O tórax do gafanhoto é formado por três metâmeros, cada qual com um par de pernas articuladas; os dois últimos metâmeros torácicos têm um par de asas cada um. As asas do segundo segmento torácico são coriáceas e recobrem as asas membranosas.

O abdome do gafanhoto compõe-se de onze metâmeros não fundidos e sem apêndices. É possível notar, na lateral inferior dos metâmeros abdominais, pequenas aberturas do aparelho respiratório, os **espiráculos**. Os últimos metâmeros são adaptados a funções reprodutivas, constituindo as genitálias de machos e fêmeas; nestas pode haver um ovopositor, estrutura especialmente adaptada à postura dos ovos. (Fig. 8.36)



SIMONKA

Figura 8.36 Representação esquemática da anatomia externa de um gafanhoto. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Insetos são dioicos. Na cópula, o macho introduz o pênis na vagina da fêmea, na qual elimina os espermatozoides. Estes vão para um reservatório denominado espermateca, onde ficam temporariamente armazenados. Os óvulos produzidos nos ovários percorrem os ovidutos e, ao passar pela espermateca, são fecundados. Em seguida, os ovos desenvolvem casca e são eliminados pela fêmea, processo denominado postura.

Algumas espécies de inseto têm desenvolvimento direto, sendo denominadas **ametábolos** (do grego *a*, negação, e *metabole*, transformar). Insetos em que há estágios larvais (desenvolvimento indireto) são denominados **metábolos** e podem ser hemimetábolos ou holometábolos.

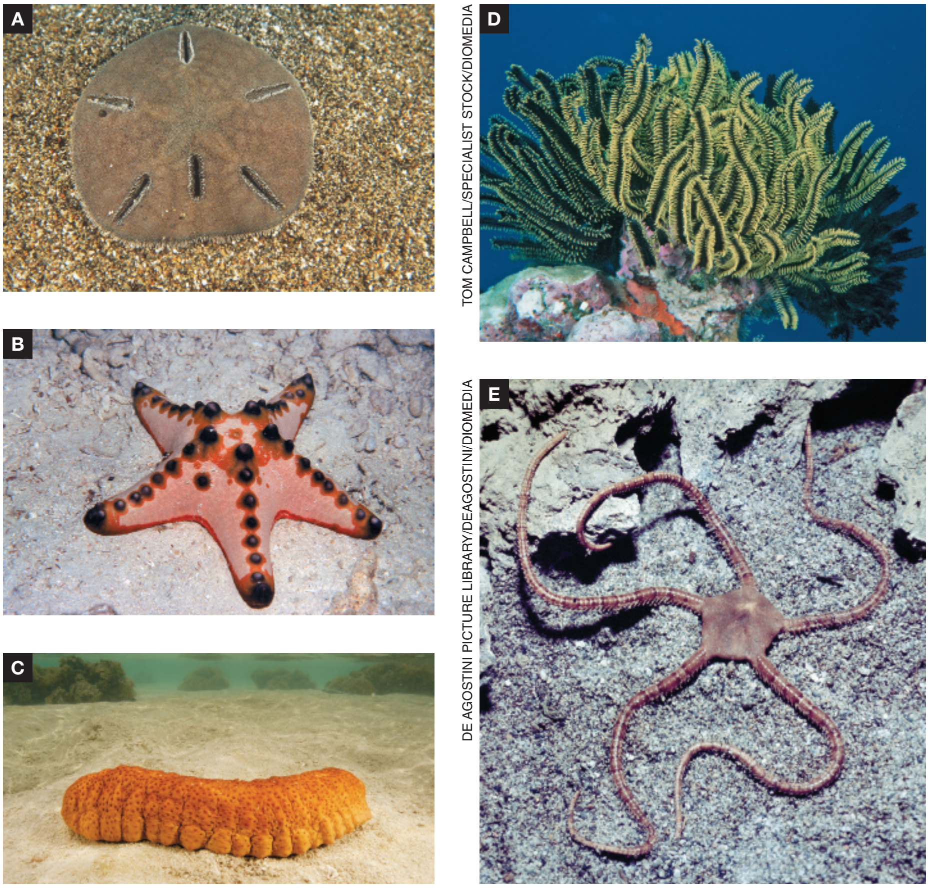
Nos insetos **hemimetábolos**, como os gafanhotos e as baratas, por exemplo, as formas jovens (ninfas) vão se tornando gradualmente semelhantes aos adultos, processo denominado **metamorfose incompleta**, ou metamorfose gradual.

Nos insetos **holometábolos**, como as borboletas e as moscas, por exemplo, eclode do ovo um ser vermiforme, a **larva**, de corpo segmentado, sem asas e que pode ou não ter pernas. Após certo número de mudas, que varia entre as espécies, a larva reveste-se de um exoesqueleto relativamente duro, transformando-se em **pupa**. A fase de pupa representa um momento crucial da transformação da larva em adulto: os tecidos larvais são destruídos e surgem novos tecidos, característicos do adulto. O inseto adulto, ou **imago**, rompe a cutícula da pupa e não passa por mais nenhuma muda. A transformação de larva em adulto é denominada **metamorfose completa**.

8.8 Filo Echinodermata (equinodermos)

Características gerais

Equinodermos (filo **Echinodermata**, do grego *echinos*, espinho, e *dermatos*, pele) somam cerca de 7 mil espécies viventes. As estrelas-do-mar (classe Asteroidea), os ouriços-do-mar e as bolachas-de-praia (classe Echinoidea) e os pepinos-do-mar (classe Holothuroidea) são exemplos desses animais. (Fig. 8.37)



ANDREW J. MARTINEZ/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

ROBERT PICKETT/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

FRANS LANTING/MINT IMAGES/DIOMEDIA

TOM CAMPBELL/SPECIALIST STOCK/DIOMEDIA

DE AGOSTINI PICTURE LIBRARY/DEAGOSTINI/DIOMEDIA

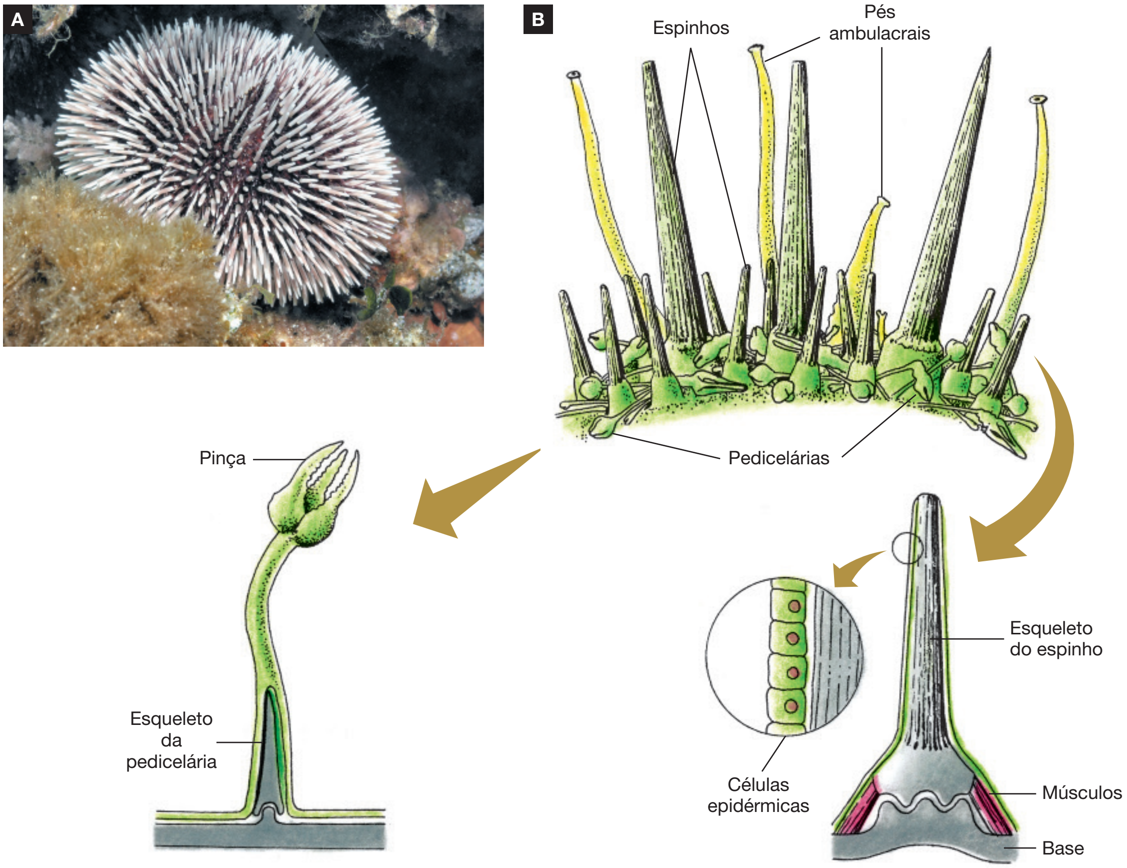
Figura 8.37 Exemplos de equinodermos. **A.** *Leodia sexiesperforata*, bolacha-de-praia (classe Echinoidea), que mede cerca de 10 cm de diâmetro. **B.** *Protoreaster nodosus*, estrela-do-mar (classe Asteroidea) com cerca de 30 cm de diâmetro. **C.** *Stichopus variegatus*, pepino-do-mar, ou holotúria (classe Holothuroidea), que atinge 50 cm de comprimento. **D.** *Comaster schlegelii*, lírio-do-mar, ou crinoide (classe Crinoidea), cujos braços medem cerca de 30 cm de comprimento. **E.** *Ophioderma longicauda*, serpente-do-mar (classe Ophiuroidea), que mede aproximadamente 15 cm de diâmetro.

Os ouriços-do-mar alimentam-se de algas marinhas, pequenos animais e detritos orgânicos. Após ser triturado por dentes calcários ligados a uma armação de ossículos e músculos, a **lanterna de Aristóteles**, que guarnece a boca, o alimento passa para o estômago e o intestino, onde é digerido por enzimas secretadas pelas células intestinais. A digestão é extracelular e os produtos úteis são absorvidos pelas células da parede intestinal.

Estrelas-do-mar são carnívoras, alimentando-se de corais, anêmonas, outros equinodermos e moluscos. Muitas são capazes de abrir conchas de bivalves, graças à adesão dos pés ambulacrais e à força da musculatura de seus braços. O estômago das estrelas-do-mar sai pela boca e entra em contato direto com a presa, secretando sobre ela muco e enzimas. Após algum tempo, o estômago é recolhido, com o alimento semidigerido. Completada a digestão, os resíduos são geralmente eliminados pela própria boca, pois o intestino e o ânus das estrelas-do-mar são pouco funcionais.

O corpo dos equinodermos é revestido por uma epiderme fina. O esqueleto interno (endoesqueleto) é constituído por uma matriz de proteína impregnada de cristais de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) e varia entre os equinodermos. Nas holotúrias, por exemplo, o endoesqueleto é formado basicamente por uma rede de colágeno, com ossículos dispersos. Nos ouriços-do-mar, o endoesqueleto é constituído por placas calcárias firmemente encaixadas entre si.

Entre os espinhos dos equinodermos, há estruturas móveis, dotadas de pequenas pinças nas extremidades, as **pedicelárias**, cuja função é remover detritos e pequenos animais que aderem ao corpo do equinodermo, mantendo-o sempre limpo. Há também **pés ambulacrais**, estruturas tubulares finas e flexíveis, dotadas de ventosas aderentes na extremidade, que se projetam da superfície do corpo e auxiliam na movimentação e na captura de alimento. (Fig. 8.38)



MARTINO MOTTI/MARKA/DIOMEDIA

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

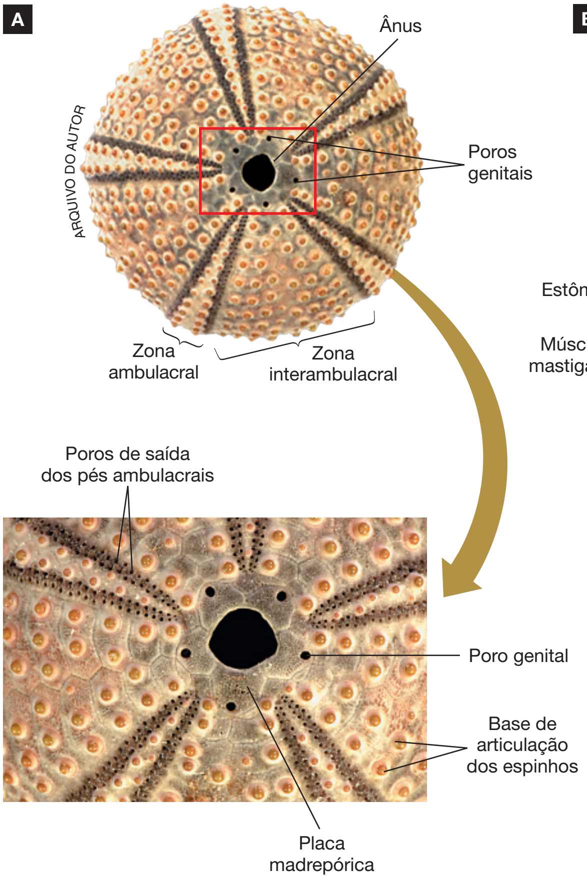
Figura 8.38 **A.** *Sphaerechinus granularis*, ouriço-do-mar que chega a medir 15 cm de diâmetro. **B.** Representação esquemática de parte da superfície corporal de um ouriço-do-mar com detalhe de uma pedicelária e de um espinho, mostrando o revestimento epidérmico. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Os pés ambulacrais fazem parte do **sistema hidrovascular**, ou sistema ambulacral, uma exclusividade dos equinodermos. Além dos pés ambulacrais, que se projetam por poros do endoesqueleto, o sistema hidrovascular é formado por um conjunto de tubos e ampolas de paredes musculares internos ao corpo.

Esse sistema atua na locomoção, na respiração, na captura de alimento e também na percepção do ambiente, graças às terminações nervosas que apresenta. Tubos, ampolas e pés ambulacrais são preenchidos por água do mar, daí o nome "hidrovascular" (do grego *hidros*, água, e do latim *vasculum*, vaso, recipiente).

A água penetra no sistema hidrovascular por poros de uma placa do endoesqueleto – a **placa madrepórica**, ou madreporito – que, em ouriços-do-mar e em estrelas-do-mar, situa-se na chamada face aboral, próxima do ânus e oposta à face oral, que fica voltada para o substrato e abriga a boca do animal.

Os poros da placa madrepórica abrem-se internamente para o **canal madrepórico** (ou canal pétreo), que se liga a um canal circular, localizado em torno do tubo digestivo. Do canal circular partem cinco expansões em forma de bolsas, as **vesículas de Poli**, e cinco canais radiais que percorrem o corpo com a face interna das zonas ambulacrais. De cada canal radial partem centenas de pés ambulacrais, cada um deles ligado a uma ampola de paredes musculares. Os pés ambulacrais projetam-se do corpo pelos poros no endoesqueleto. O sistema hidrovascular funciona com pressão de água em seu interior, regulada pela ação da musculatura das paredes dos canais, vesículas e ampolas. (Fig. 8.39)


A
Ânus
Poros genitais
ARQUIVO DO AUTOR
Zona ambulacral
Zona interambulacral
Poros de saída dos pés ambulacrais
ARQUIVO DO AUTOR
Poro genital
Base de articulação dos espinhos
Placa madrepórica

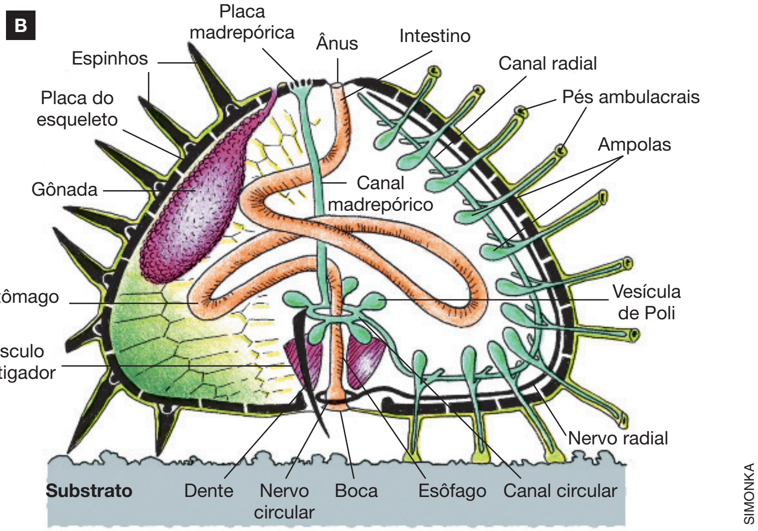

B
Placa madrepórica
Ânus
Intestino
Espinhos
Canal radial
Pés ambulacrais
Placa do esqueleto
Ampolas
Gônada
Canal madrepórico
Estômago
Vesícula de Poli
Músculo mastigador
Nervo radial
Substrato
Dente
Nervo circular
Boca
Esôfago
Canal circular
SIMONKA

Figura 8.39 A. Região aboral (oposta à da boca) do endoesqueleto de um ouriço-do-mar em que a epiderme e os espinhos foram removidos. Notam-se cinco zonas mais estreitas, nas quais há orifícios de saída dos pés ambulacrais (zonas ambulacrais). A grande perfuração no centro do esqueleto é onde se localiza o ânus. Em torno dela há cinco placas, cada uma com um orifício, o poro genital. Uma dessas placas, a placa madrepórica, possui muitas pequenas perfurações. **B.** Representação esquemática de um corte longitudinal de ouriço-do-mar, mostrando alguns órgãos internos e o sistema hidrovascular. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Reprodução e ciclo de vida

Os equinodermos são dioicos. As gônadas dos machos (testículos) e das fêmeas (ovários) localizam-se na cavidade celômica, sendo cinco em ouriços-do-mar, dez em estrelas-do-mar e apenas uma em holotúrias. As gônadas abrem-se para o exterior pelos poros genitais, e os gametas – óvulos e espermatozoides – são eliminados na água do mar, onde ocorre fecundação externa.

O desenvolvimento em equinodermos é indireto, com uma ou mais formas larvais. Ouriços-do-mar têm apenas uma forma larval livre-natante e com simetria bilateral, denominada plúteo. Estrelas-do-mar têm dois estágios larvais bilateralmente simétricos; a larva que emerge do ovo é chamada bipinária e, após algum tempo, transforma-se na braquiolária. Em determinado estágio do desenvolvimento, a braquiolária afunda e sofre metamorfose, transformando-se em uma estrela-do-mar jovem.

ATIVIDADES

Revendo conceitos, fatos e processos

Registre em seu caderno

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 1 a 3.

a) arqueócito
b) coanócito
c) espícula
d) pinacócito
e) porócito

1. Nas esponjas, a célula responsável pela distribuição de alimento e pela formação de outros tipos celulares é o(a) (▬). 1. a

2. Uma célula atravessada por um canal – o(a) (▬) – permite a entrada de água no corpo das esponjas. 2. e

3. (▬) é uma célula flagelada, com um funil membranoso, que reveste cavidades internas do corpo das esponjas. 3. b

4. O filo Cnidaria inclui, entre outros organismos, as 4. a
a) águas-vivas.
b) esponjas.
c) lombrigas.
d) planárias.

5. O filo Platyhelminthes inclui, entre outros organismos, as 5. d
a) águas-vivas.
b) esponjas.
c) lombrigas.
d) planárias.

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases 6 e 7.

a) ectoparasita
b) endoparasita
c) hospedeiro intermediário
d) hospedeiro definitivo

6. O organismo no qual vivem os estágios imaturos e assexuados de um parasita é chamado (▬). 6. c

7. O organismo no qual vivem as formas adultas, ou sexuadas, de um parasita é chamado (▬). 7. d

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 8 a 10.

a) ancilóstomo
b) esquistossomo
c) filária
d) lombriga

8. Um nematódeo parasita que vive no intestino humano e é adquirido pela ingestão de ovos do verme é o(a) (▬). 8. d

9. Um nematódeo parasita presente no solo, cujas larvas penetram ativamente na pele e se instalam no intestino humano, é o(a) (▬). 9. a

10. Um nematódeo parasita que vive nos vasos linfáticos e se adquire pela picada de certos mosquitos é o(a) (▬). 10. c

11. O filo Mollusca inclui, entre outros organismos, as 11. d
a) águas-vivas.
b) minhocas.
c) planárias.
d) ostras.

12. O filo Annelida inclui, entre outros organismos, as 12. b
a) águas-vivas.
b) minhocas.
c) planárias.
d) ostras.

13. Os crustáceos incluem, entre outros organismos, 13. d
a) escorpiões.
b) caramujos.
c) lesmas.
d) camarões.

14. Os quelicerados incluem, entre outros organismos, 14. d
a) minhocas.
b) lagostas.
c) mariposas.
d) escorpiões.

15. O filo Echinodermata inclui, entre outros organismos, 15. c
a) águas-vivas.
b) minhocas.
c) ouriços-do-mar.
d) planárias.

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 16 a 20.

a) ingerir ovos do parasita
b) ser picado por mosquito infestado com larvas do parasita
c) comer carne malcozida com larvas do parasita
d) ter contato direto com água contendo larvas do parasita
e) ter contato direto com terra contendo larvas do parasita

16. Uma pessoa adquire teníase ao (▬). 16. c

17. Uma pessoa adquire esquistossomose ao (▬). 17. d

18. Uma pessoa adquire cisticercose ao (▬). 18. a

19. Uma pessoa adquire filariose ao (▬). 19. b

20. Uma pessoa adquire ancilostomose ao (▬). 20. e

21. Um artrópode difere de todos os outros animais por apresentar 21. c

a) corpo segmentado.
b) endoesqueleto calcário.
c) exoesqueleto de quitina e apêndices corporais articulados.
d) corpo dividido em cabeça, tórax e membros.

Questões para exercitar o pensamento

Registre em seu caderno

22. Para exercitar a pesquisa sistemática de informações, construa uma tabela com os filos animais estudados no capítulo, comparando hábitat (ambiente onde vivem), simetria, cavidades corporais (celoma ou pseudoceloma) e tipo de reprodução de cada um. Faça a tabela em tamanho grande, como um cartaz, de modo que as "casas" sejam amplas o bastante para que você possa escrever os dados que julgar importantes sobre os animais. Acrescente esquemas e ilustrações. A tabela pronta, colocada em lugar bem visível (na classe ou em sua casa), ajudará você a se familiarizar com a Zoologia. (Relembre o capítulo 7.)

23. Construa uma tabela comparativa dos diversos grupos de artrópodes. Sugerimos que a tabela contenha os seguintes itens: a) hábitat; b) partes do corpo; c) tipos e número de apêndices diagnósticos (que permitem caracterizar o grupo); d) sistema circulatório; e) sistema respiratório; f) sistema excretor; g) tipo de reprodução. (Relembre o capítulo 7.)

24. A *Taenia saginata* libera cerca de 100 mil ovos em cada proglótide. A cada dia, cerca de 7 a 9 proglótides contendo ovos maduros destacam-se da extremidade final do parasita e são liberadas nas fezes do hospedeiro. Assumindo que a produção de ovos e a liberação de proglótides sejam relativamente constantes ao longo do tempo, calcule a quantidade de ovos maduros que uma pessoa infestada libera em um dia, em uma semana, em um mês e em um ano.

Faça você mesmo!

Registre em seu caderno

25. Atividade prática: Construindo um minhocário em casa

Ter um minhocário é fácil, ecológico e sustentável. Bastam algumas caixas, minhocas, um pouco de terra e folhas secas ou serragem. Seguindo algumas regras, você poderá depositar nele grande parte do lixo orgânico gerado em sua casa.

Feito corretamente, o minhocário não deixa cheiro nem suja a casa. Com ele, você não apenas aproveita o lixo produzido e consegue obter um excelente adubo orgânico para seus jardins e vasos, mas também pode observar o comportamento das minhocas.

Material

- três caixas plásticas grandes de laterais e fundos fechados, que possam ser sobrepostas
- uma tampa para as caixas
- torneira plástica pequena, como as usadas em filtros (opcional)
- minhocas (podem ser compradas em lojas especializadas ou coletadas)
- terra ou húmus
- lixo orgânico (cascas de frutas, sementes etc.)
- folhas secas ou serragem (material seco de origem orgânica)
- pá ou rastelo de mão

Como construir e manter

1. Posicione as três caixas uma sobre a outra. Uma delas deve ficar na base do minhocário e servirá para a coleta periódica do chorume, o resíduo líquido resultante da decomposição do lixo orgânico. Para retirar esse resíduo, pode-se adaptar uma torneira de plástico na base dessa caixa ou, simplesmente, desencaixá-la das outras caixas e recolher o líquido. O chorume possui cheiro característico e pode ser usado como adubo, mas deve ser diluído em água antes de ser aplicado em plantas.
2. Faça furos na base da segunda e da terceira caixas para permitir a drenagem do chorume e a passagem das minhocas. Forre a caixa do meio com folhas secas ou serragem grossa, de modo a cobrir os furos; sobre a forração disponha uma camada espessa de terra ou húmus. Coloque sobre essa camada minhocas, lixo orgânico e matéria seca (folhas secas ou serragem). Para evitar mau cheiro, ao depositar o lixo orgânico, coloque a mesma quantidade de material seco.
3. Quando a caixa do meio estiver cheia, coloque o lixo orgânico e a matéria seca na caixa superior. Pouco a pouco, as minhocas atravessam os furos e passam para essa última caixa. A migração pode levar dias ou semanas. Quando a caixa de cima já tiver muitas minhocas, o húmus da caixa do meio já pode ser utilizado como adubo. Depois de esvaziar todo o seu conteúdo, retorne a caixa para o minhocário na posição superior. Repita esse procedimento sempre que necessário.
4. Duas ou três vezes por semana, use a pá ou o rastelo de mão para revirar e oxigenar o material, com cuidado para não machucar as minhocas.

Veja o que pode ser colocado no minhocário:
- – cascas e restos de frutas, verduras e legumes;
- – frutas, verduras e legumes estragados;
- – cascas de ovo;
- – folhas secas.

O que **não** deve ser colocado no minhocário:
- – comidas temperadas;
- – leite e derivados;
- – resíduos de origem animal (carnes, ossos, gordura);
- – líquidos;
- – plástico, papel, alumínio, isopor ou qualquer outro material inorgânico.

A Biologia no vestibular e no Enem

Registre em seu caderno

Questões objetivas

1. (Mackenzie-SP) As células flageladas dos poríferos, responsáveis pela circulação da água nesses animais, são 1. b

a) os cnidoblastos.
b) os coanócitos.
c) as células-flama.
d) os pinacócitos.
e) os amebócitos.

2. (Unifor-CE) Vários animais podem parasitar o ser humano. Comer frutas e verduras bem lavadas, ingerir somente carne bem passada e não nadar em lagoas nas quais haja caramujos são medidas profiláticas capazes de diminuir a incidência, respectivamente, de 2. d

a) teníase, ascaridíase e esquistossomose.
b) ascaridíase, esquistossomose e teníase.
c) esquistossomose, teníase e ascaridíase.
d) ascaridíase, teníase e esquistossomose.
e) teníase, esquistossomose e ascaridíase.

3. (UFPE) A esquistossomose observada no Brasil, causada pelo *Schistosoma mansoni*, é uma doença grave e debilitante. Na fase crônica, ocorre inflamação do fígado e do baço, além da típica ascite (barriga-d'água). Na profilaxia dessa doença é importante:

1. construir redes de água e esgoto;
2. exterminar o caramujo hospedeiro;
3. evitar o contato com águas possivelmente infestadas por cercárias;
4. combater as oncosferas e os cisticercos.

Está(ão) correta(s) 3. e

a) 1, 2, 3 e 4.
b) 2 apenas.
c) 1, 2 e 4 apenas.
d) 2 e 4 apenas.
e) 1, 2 e 3 apenas.

4. (Fuvest-SP) Uma criança foi internada em um hospital com convulsões e problemas neurológicos. Após vários exames, foi diagnosticada cisticercose cerebral. A mãe da criança iniciou, então, um processo contra o açougue do qual comprava carne todos os dias, alegando que este lhe forneceu carne contaminada com o verme causador da cisticercose. A acusação contra o açougue 4. a

a) não tem fundamento, pois a cisticercose é transmitida pela ingestão de ovos de tênia eliminados nas fezes dos hospedeiros.
b) não tem fundamento, pois a cisticercose não é transmitida pelo consumo de carne, mas, sim, pela picada de mosquitos vetores.
c) não tem fundamento, pois a cisticercose é contraída quando a criança nada em lagoas onde vivem caramujos hospedeiros do verme.
d) tem fundamento, pois a cisticercose é transmitida pelo consumo de carne contaminada por larvas encistadas, os cisticercos.
e) tem fundamento, pois a cisticercose é transmitida pelo consumo dos ovos da tênia, os cisticercos, que ficam alojados na carne do animal hospedeiro.

5. (UFPE) A alternativa que indica um crustáceo, um aracnídeo e um inseto, nessa ordem, é: 5. d

a) Camarão, pulga e aranha.
b) Traça, siri e lagosta.
c) Lacraia, pulga e carrapato.
d) Lagosta, escorpião e abelha.
e) Caranguejo, lacraia e escorpião.

Questões discursivas

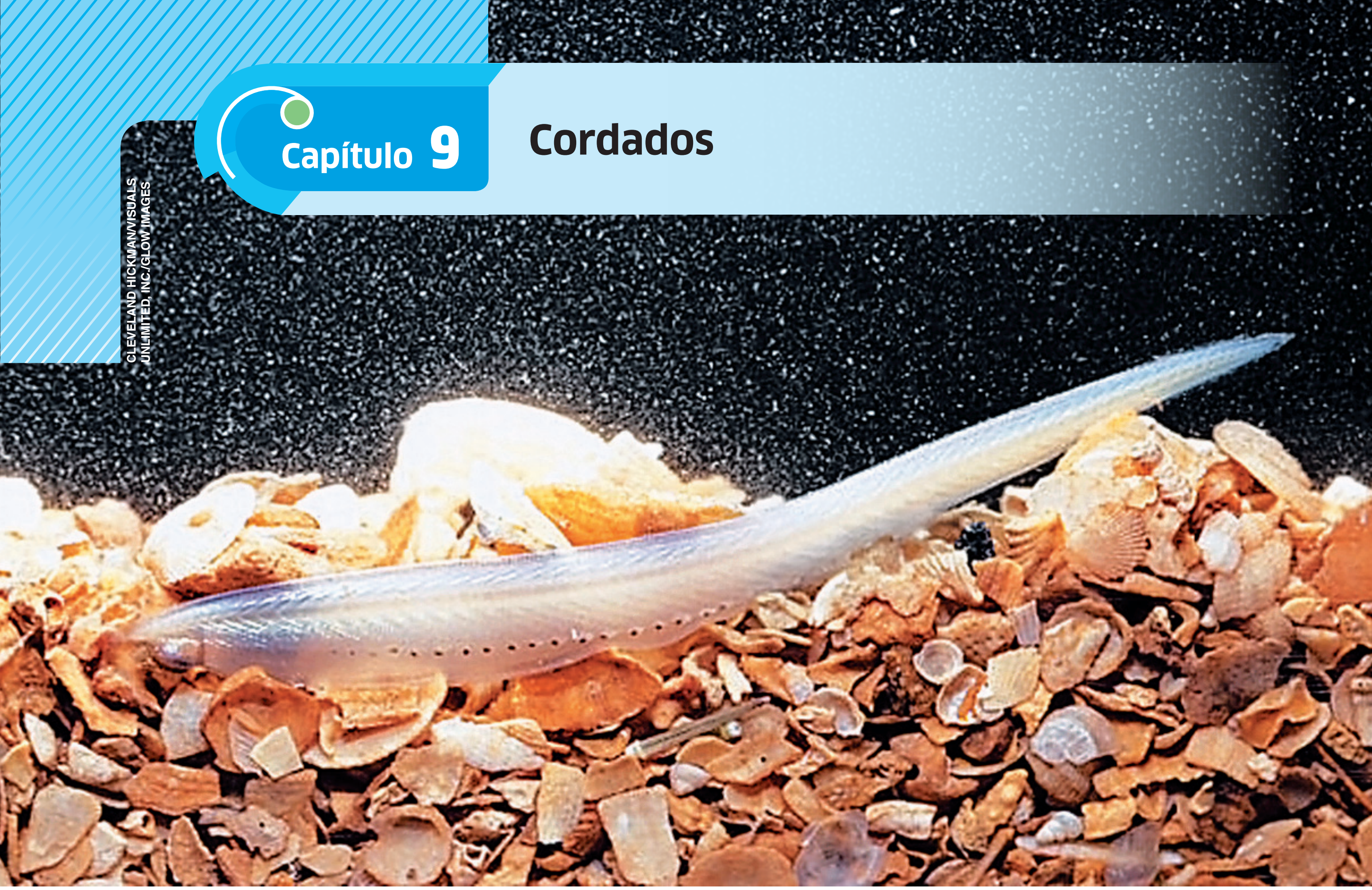
6. (Fuvest-SP) A Grande Barreira de Recifes se estende por mais de 2.000 quilômetros ao longo da costa nordeste da Austrália e é considerada uma das maiores estruturas construídas por seres vivos. Quais são esses organismos e como eles formam essa estrutura?

7. (Fuvest-SP) Do que se alimentam as minhocas? Por que elas são úteis para a agricultura?

8. (UFRRJ) Ao realizar um teste para a criação de moluscos bivalves em cativeiro, os técnicos de um laboratório utilizam três modelos de aquários, todos com mecanismos de aeração semelhantes. Em um deles (A), os animais foram colocados em água marinha reconstituída a partir de água destilada onde se adicionaram sais em quantidades suficientes para reproduzir a água com as mesmas características químicas da água do mar. Nos outros dois aquários, utilizou-se água bombeada diretamente do mar, sendo que, em um deles (B), a água passava por filtros antes de chegar ao aquário. No terceiro aquário (C), a água era bombeada diretamente para o aquário. Com base nessas informações, em qual dos aquários os bivalves têm as maiores chances de sobreviver? Por quê?

Capítulo 9

Cordados



CLEVELAND HICKMAN/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

O anfioxo (*Branchiostoma lanceolatum*), animal com cerca de 6 cm de comprimento, além de ser modelo para estudos embriológicos, é atualmente reconhecido como descendente direto dos mais remotos ancestrais dos vertebrados. Observe, no animal da foto, os orifícios das fendas faringianas e a musculatura em forma de "<<<", vistos através da epiderme transparente.

Luzes sobre a origem dos vertebrados

As pesquisas genômicas têm ajudado os cientistas a elucidar os intrincados caminhos da evolução dos grandes grupos de seres vivos. Um exemplo é o trabalho assinado por mais de 40 pesquisadores, de várias nacionalidades, publicado na revista científica *Genome Research* em 2008*, que traz de volta à cena um dos mais ilustres desconhecidos do reino Animal: o anfioxo.

O anfioxo pertence ao gênero *Branchiostoma*, mas, apesar desse nome, ele não possui brânquias na boca, como se pensava inicialmente. Embora esses animais dificilmente sejam observados na natureza, são teoricamente bem conhecidos da maioria dos estudantes de Biologia, por apresentarem um padrão ordenado e extremamente didático de desenvolvimento embrionário.

Os cientistas acreditam que os anfioxos e os vertebrados herdaram suas características típicas, exclusivas de todos os cordados – notocorda, tubo nervoso dorsal e fendas faringianas –, de um ancestral que viveu no período Ediacarano ou no Cambriano, entre 580 milhões e 540 milhões de anos atrás.

O anfioxo já foi considerado, no século passado, um vertebrado "degenerado", que teria perdido o esqueleto craniano e vertebral. Entretanto, alguns estudiosos já defendiam que as características dos cefalocordados refletiam sua origem remota dentro do grupo que originou todos os cordados.

As análises e comparações dos genomas de urocordados e vertebrados com o de cefalocordados mostram que estes últimos foram um elo evolutivo crucial na origem dos vertebrados a partir de ancestrais invertebrados. A filogenia molecular indica que os cefalocordados constituem um grupo basal na linhagem dos cordados, isto é, foram os primeiros a derivar na árvore filogenética dos cordados. Somente mais tarde os urocordados e os vertebrados teriam divergido da linhagem ancestral.

Pode ser interessante relembrar as informações apresentadas no Capítulo 7 (relações evolutivas entre os animais e características dos sistemas corporais dos animais) para complementar o conteúdo deste capítulo.

---

* Disponível em: <www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2493399/>. Acesso em: fev. 2016. (Em inglês)

A importância do assunto

Neste capítulo, apresentamos o grupo dos cordados. Destes, os mais expressivos são os vertebrados, grupo ao qual pertencemos. Além de mencionar os protocordados e suas relações filogenéticas com os vertebrados, traçamos um rápido panorama da diversidade do grupo dos cordados, desde os peixes-bruxa até os mamíferos.

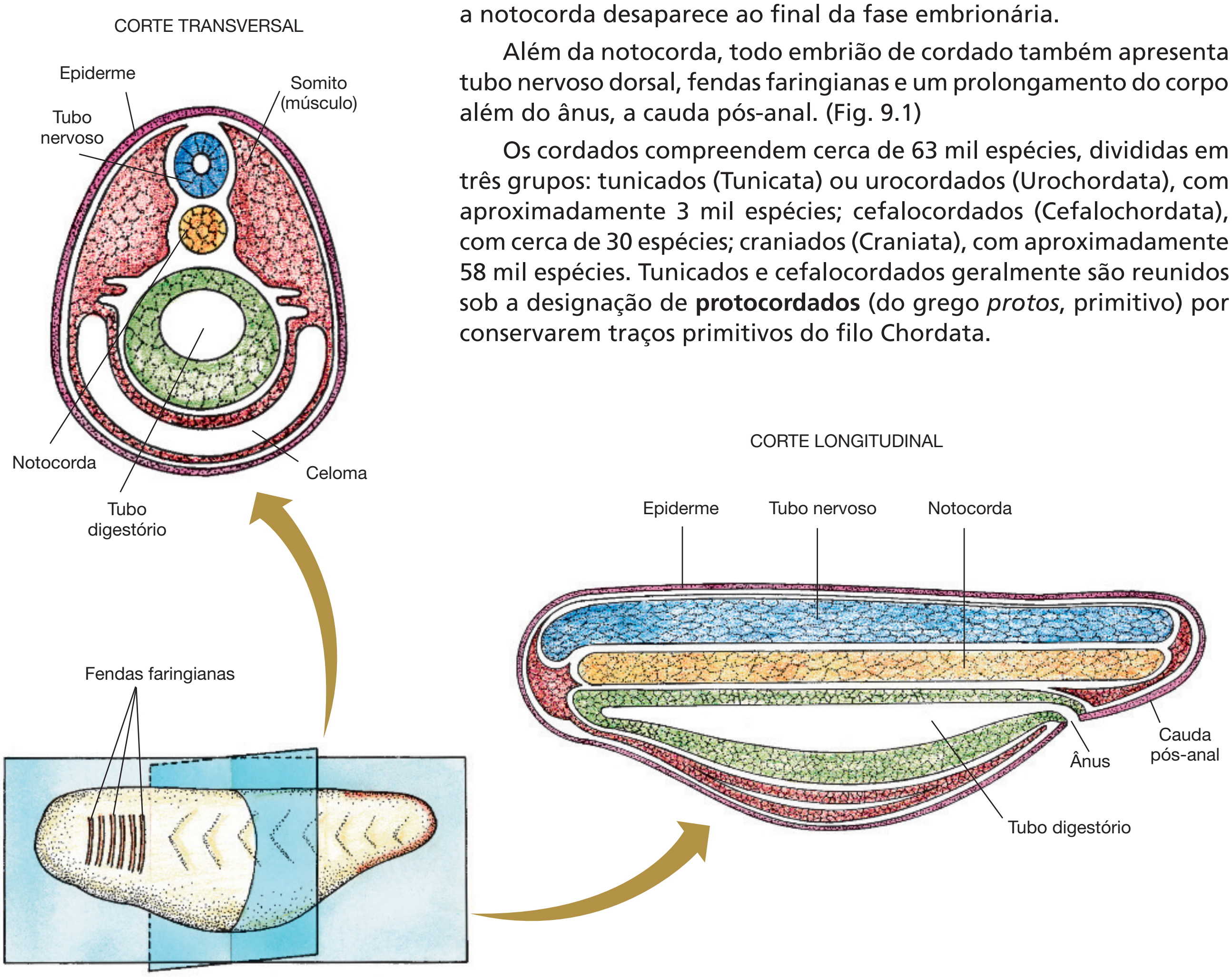
Embora envolva muita informação, acreditamos que conhecer as principais características dos cordados acrescenta um pouco de conhecimento sobre nós mesmos.

9.1 Características gerais dos cordados

Os **cordados** (filo **Chordata**, do latim *chorda*, corda) são animais que apresentam, na fase embrionária, um cordão dorsal semirrígido denominado **notocorda** (do grego *noto*, dorso). Essa estrutura é considerada uma exclusividade do filo e indica que tunicados, anfioxos, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos, incluindo nossa própria espécie, tiveram um ancestral comum no passado do qual herdaram essa característica. Na maioria dos cordados, a notocorda desaparece ao final da fase embrionária.

Além da notocorda, todo embrião de cordado também apresenta tubo nervoso dorsal, fendas faringianas e um prolongamento do corpo além do ânus, a cauda pós-anal. (Fig. 9.1)

Os cordados compreendem cerca de 63 mil espécies, divididas em três grupos: tunicados (Tunicata) ou urocordados (Urochordata), com aproximadamente 3 mil espécies; cefalocordados (Cefalochordata), com cerca de 30 espécies; craniados (Craniata), com aproximadamente 58 mil espécies. Tunicados e cefalocordados geralmente são reunidos sob a designação de **protocordados** (do grego *protos*, primitivo) por conservarem traços primitivos do filo Chordata.



ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

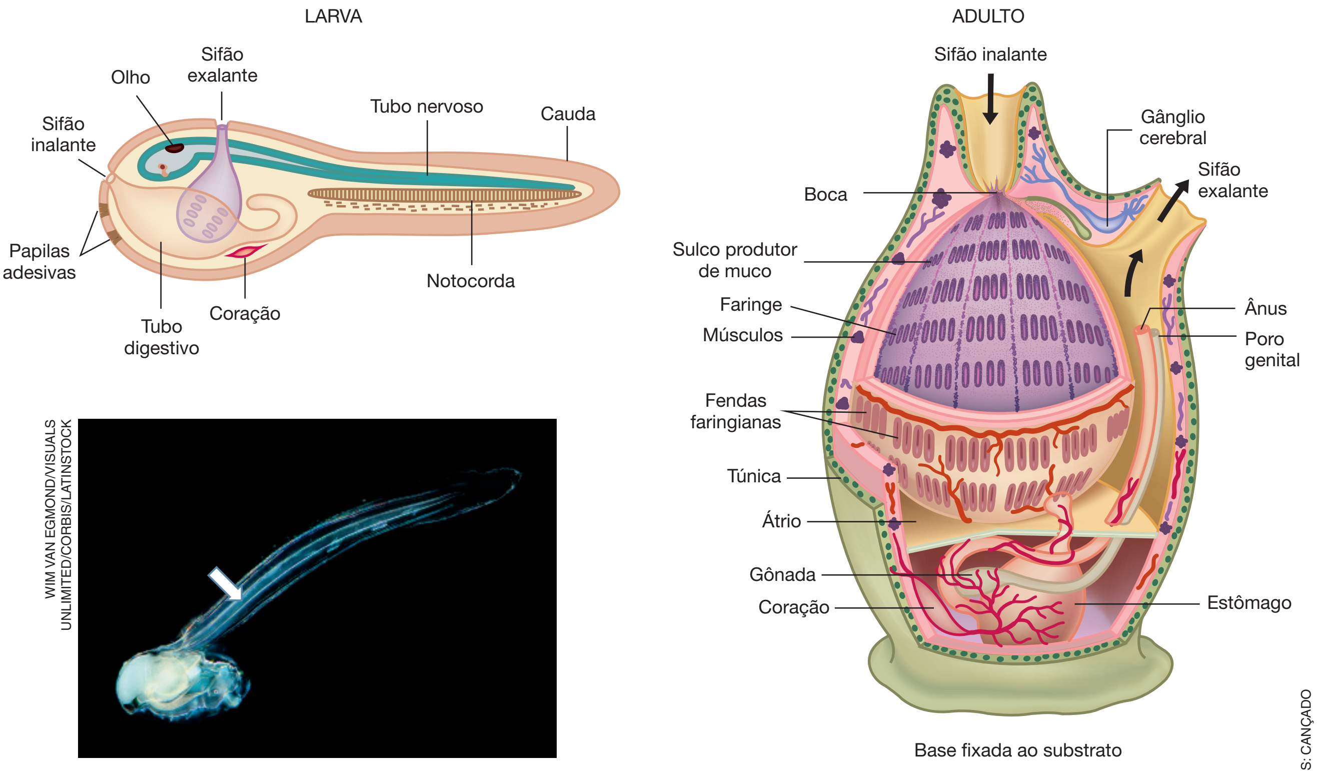
Figura 9.1 Representações esquemáticas de embrião de anfíbio em corte longitudinal (à direita) e em corte transversal (acima, à esquerda). As fendas faringianas, ou fendas branquiais, são aberturas que surgem na faringe durante o desenvolvimento embrionário e, nos vertebrados de quatro pernas, fecham-se logo depois. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

9.2 Protocordados

Tunicados

Os **tunicados** são animais marinhos, a maioria de hábito séssil (vivem aderidos a substratos submersos) e podem ser encontrados desde as regiões polares até o Equador. Na maioria das espécies, os indivíduos vivem solitários, mas há também alguns representantes coloniais. O termo “tunicado” deve-se ao fato de os animais adultos terem o corpo revestido por um envoltório espesso, a túnica. Outra denominação do grupo, “urocordados” (do grego *uros*, cauda), deve-se ao fato de a notocorda estar restrita apenas à região caudal das larvas.

Os tunicados podem se reproduzir de forma assexuada por brotamento ou de forma sexuada, com a liberação de gametas na água do mar e fecundação externa. As larvas dos tunicados, após uma fase da vida livre-natante, fixam-se a algum substrato submerso e sofrem metamorfose, processo em que a cauda e a notocorda são reabsorvidas, e o tubo nervoso modifica-se drasticamente, assumindo a forma de um gânglio cerebral, localizado na região ventral do animal. (Fig. 9.2)


LARVA
Sifão exalante
Olho
Sifão inalante
Tubo nervoso
Cauda
Papilas adesivas
Notocorda
Coração
Tubo digestivo
ADULTO
Sifão inalante
Gânglio cerebral
Sifão exalante
Boca
Sulco produtor de muco
Faringe
Músculos
Ânus
Poro genital
Fendas faringianas
Túnica
Átrio
Gônada
Coração
Estômago
Base fixada ao substrato

WIM VAN EGMOND/VISUALS UNLIMITED/CORBIS/LATINSTOCK

ILUSTRAÇÕES: CANÇADO

Figura 9.2 Representações esquemáticas de larva e adulto de urocordado. As larvas são livre-natantes, enquanto os adultos são sésseis. Compare a larva ao adulto e tente observar algumas das mudanças descritas no texto. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) Na fotomicrografia, larva de tunicado *Oikopleura* sp.; a seta indica o tubo nervoso. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 190×.)

No tunicado há duas aberturas de comunicação com o ambiente externo: uma é o sifão inalante, por onde a água do mar penetra no corpo, e a outra é o sifão exalante, por onde a água sai. A circulação de água na cavidade corporal traz gás oxigênio e partículas alimentares e leva gás carbônico e excreções.

No fundo do sifão inalante localiza-se a boca, por onde a água inalada atinge uma grande faringe em forma de cesto, perfurada por muitas fendas paralelas. A água atravessa essas fendas e passa para a câmara que envolve a faringe – o **átrio** –, que se comunica com o meio externo pelo sifão exalante.

Partículas orgânicas suspensas na água aderem ao muco produzido em um sulco da faringe, sendo “varridas” pelo movimento dos cílios em direção ao estômago e intestino, onde atuam enzimas responsáveis pela digestão. Os nutrientes são absorvidos por células intestinais, e os resíduos inaproveitados da digestão são eliminados pelo ânus, que se abre no sifão exalante.

Cefalocordados

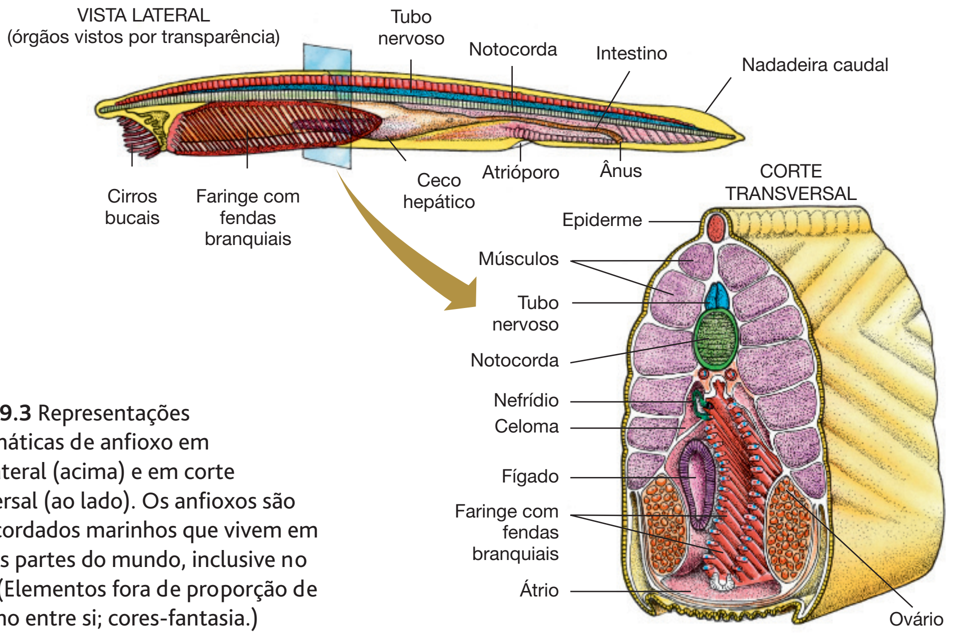
Os **cefalocordados** são animais marinhos de corpo achatado lateralmente e afilado nas extremidades, daí **anfioxo** (do grego *amphi*, em ambos os lados, e *oxus*, afilado). O termo "cefalocordado" (do grego *cephalos*, cabeça) refere-se ao fato de a notocorda desses animais, presente em todas as fases de vida, estender-se até a extremidade anterior do corpo, o que não ocorre nos urocordados, nos quais ela se restringe à região da cauda.

Os anfioxos vivem submersos, semienterrados em praias de areia grossa em posição quase vertical, deixando apenas a extremidade anterior exposta. À noite, exploram o ambiente, nadando por meio de flexões laterais do corpo até encontrar locais adequados, onde voltam a se enterrar.

A boca do anfioxo localiza-se na extremidade anterior e é rodeada por cirros bucais, filamentos longos que filtram e selecionam partículas alimentares. A epiderme que reveste o anfioxo, fina e transparente, permite visualizar sua musculatura metamerizada, organizada em blocos com a forma da letra V deitada (<<<).

A água que entra pela boca do anfioxo chega à faringe, atravessa as fendas faringianas e passa para o átrio, situado entre o tubo digestório e o revestimento corporal. Daí, a água é eliminada por uma abertura, o atrióporo, localizada na altura do terço posterior do corpo. A circulação da água é promovida pelo batimento dos cílios das células que revestem os arcos faringianos.

Partículas de alimento em suspensão na água aderem ao muco produzido em um sulco no assoalho da faringe e são "varridas", por células ciliadas, para o intestino, onde o **ceco hepático**, uma glândula em forma de bolsa, secreta enzimas digestivas. Os alimentos parcialmente digeridos são absorvidos pelas células intestinais, e a digestão se completa intracelularmente. Restos não aproveitados do alimento ingerido são eliminados pelo ânus. (Fig. 9.3)



SIMONKA

Figura 9.3 Representações esquemáticas de anfioxo em vista lateral (acima) e em corte transversal (ao lado). Os anfioxos são cefalocordados marinhos que vivem em diversas partes do mundo, inclusive no Brasil. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Cefalocordados têm sistema circulatório fechado, cuja principal função é distribuir nutrientes pelo corpo. Eles apresentam respiração cutânea, ou seja, não têm sistema respiratório e as trocas gasosas ocorrem pelo epitélio corporal. O sistema excretor é constituído por vários pares de nefrídios, dispostos ao longo dos segmentos corporais, e tem como função principal a osmorregulação, que é o balanço adequado de íons. O sistema nervoso é formado por um tubo nervoso dorsal, do qual partem nervos para as diversas partes do corpo. Anfioxos têm células capazes de detectar luminosidade, além de receptores tácteis, de olfato e de paladar.

A reprodução dos cefalocordados é sexuada, e os animais são dioicos. As gônadas não têm ductos para a saída dos gametas; quando madura, a gônada se rompe e libera os gametas (óvulos ou espermatozoides) no átrio, de onde saem do corpo pelo atrióporo. A fecundação é externa, ocorre na água do mar, e o desenvolvimento é indireto, com um estágio larval.

9.3 Características gerais dos craniados

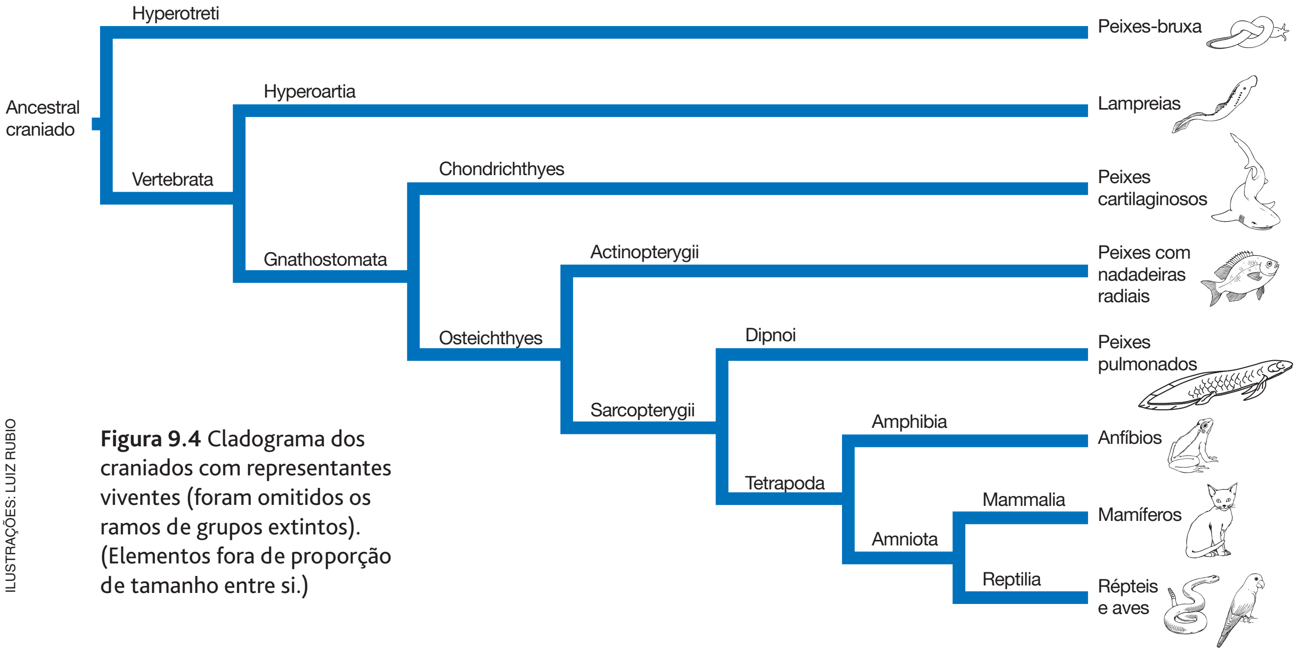
Os **craniados** são animais cordados que têm **crânio**, compartimento resistente localizado na cabeça e onde ficam contidos o encéfalo e a maioria dos órgãos sensoriais (olfativos, visuais, auditivos e de equilíbrio). Com exceção dos peixes-bruxa, todos os craniados apresentam também **coluna vertebral**, constituindo o grupo dos **vertebrados**. A coluna vertebral é formada por **vértebras**, peças cartilaginosas ou ósseas alinhadas ao longo do dorso e da cauda do animal, que dão suporte e proteção à medula espinal.

Os primeiros craniados surgiram nos mares há aproximadamente 480 milhões de anos. Supõe-se que tenham se diversificado em duas linhagens: uma que originou os peixes-bruxa atuais e outra que originou os vertebrados. A linhagem dos vertebrados, por sua vez, teria se diversificado em dois ramos: um que originou as lampreias e outro do qual descendem os vertebrados com **mandíbula**, chamados gnatostomados (do grego *gnathos*, mandíbula, e *stomatos*, boca). A mandíbula é uma peça esquelética que se articula à caixa craniana e permite ao animal abrir e fechar a boca.

Ao longo de sua evolução, o grupo dos vertebrados com mandíbula teria se separado em novos ramos. Um deles foi o dos condrictes, ou peixes cartilaginosos (Chondrichthyes), cujos representantes atuais são os tubarões, as raias e as quimeras. O outro ramo teria originado os peixes com nadadeiras radiais, os actinopterígios, e os peixes com nadadeiras lobadas, os sarcopterígios. Acredita-se que os ancestrais dos sarcopterígios tenham originado os peixes pulmonados atuais e os vertebrados dotados de quatro membros (pernas e braços), os tetrápodes.

Os ancestrais dos tetrápodes diversificaram-se e originaram os anfíbios (Amphibia), cujos representantes atuais são os anuros, as salamandras e as cobras-cegas, e os amniotas (Amniota), que compreendem os répteis, as aves e os mamíferos. (Fig. 9.4)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Figura 9.4 Cladograma dos craniados com representantes viventes (foram omitidos os ramos de grupos extintos). (Elementos fora de proporção de tamanho entre si.)

Reprodução dos craniados

A reprodução é bem diversificada entre os craniados, com espécies monoicas e dioicas. O desenvolvimento pode ser direto ou indireto, dependendo da espécie. Peixes e anfíbios geralmente apresentam fecundação externa; répteis, aves e mamíferos têm fecundação interna.

Muitas espécies de peixes, de anfíbios, de répteis, as aves e uns poucos mamíferos são **ovíparos**, ou seja, a fêmea produz e elimina ovos com nutrientes necessários ao desenvolvimento embrionário, que ocorre fora do organismo materno. Algumas espécies de peixes, de anfíbios e de répteis são **vivíparas lecitotróficas**, isto é, apesar de os ovos terem alimento suficiente para o desenvolvimento do embrião, eles ficam protegidos dentro do corpo da fêmea até a eclosão. Os mamíferos, com exceção dos monotremados (ornitorrincos e equidnas), são **vivíparos**: os embriões desenvolvem-se dentro do corpo da mãe, que fornece a eles os nutrientes de que necessitam.

9.4 Peixes

O termo **peixe** é usado popularmente para designar um grupo informal (sem valor taxonômico) que reúne craniados aquáticos que respiram por brânquias. Essa denominação aplica-se aos peixes-bruxa ou enguias-de-muco, às lampreias, aos condrictes, ou peixes cartilaginosos, e aos osteíctes, ou peixes ósseos (actinopterígios e sarcopterígios).

Peixes-bruxa

Os **peixes-bruxa** são animais marinhos de corpo alongado e coloração rosa acinzentada, com até 1 metro de comprimento. Seu esqueleto é constituído pelo crânio, pela notocorda (presente também na fase adulta) e por raios cartilaginosos da nadadeira caudal. Esses animais vivem semienterrados na lama do fundo dos mares e têm o corpo revestido por uma espessa camada de muco, daí serem chamados também enguias-de-muco. Graças à flexibilidade e ao muco escorregadio que recobre seu corpo, os peixes-bruxa são capazes de dar rápidos "nós" em si mesmos, o que lhes permite escapar de predadores. Há cerca de 60 espécies descritas, que vivem geralmente a centenas de metros de profundidade. (Fig. 9.5)

Os peixes-bruxa apresentam, em torno da boca, tentáculos curtos com função sensorial. Não há mandíbula, e a boca é guarnecida por duas estruturas horizontais cartilaginosas, móveis e com dentículos, que podem se projetar para fora e capturar o alimento, geralmente poliquetos e peixes, consumidos vivos ou mortos. Peixes-bruxa são monoicos, mas geralmente apenas um sexo é funcional em cada indivíduo. O desenvolvimento é direto, sem estágios larvais.

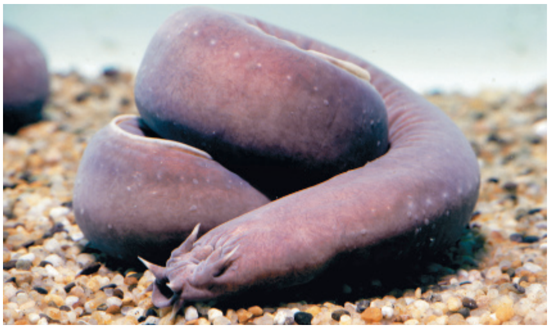
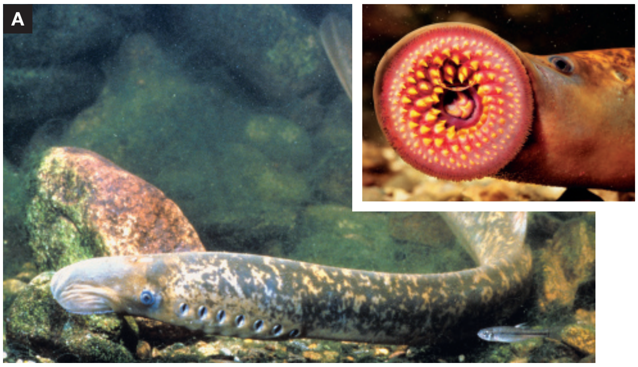

TOM MCHUGH/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

Figura 9.5 Peixe-bruxa (*Eptatretus stoutii*), com aproximadamente 60 cm de comprimento.

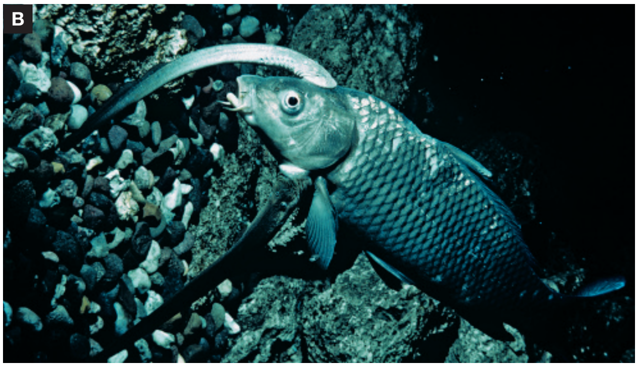
Lampreias

As **lampreias** são animais de corpo alongado e que chegam a atingir mais de 1 metro de comprimento. Elas têm olhos bem desenvolvidos e sete orifícios branquiais de cada lado do corpo, logo atrás da cabeça. A notocorda perdura por toda a vida do animal e sobre ela formam-se vértebras rudimentares. O crânio é constituído de placas cartilaginosas e tecidos fibrosos.

A boca das lampreias é circular e sem mandíbula. Essas características originaram as denominações do grupo: **ciclostomados** ou ciclóstomos (do grego *kúklo*, circular, e *stomatos*, boca) e **agnatos** (do grego *a*, prefixo de negação, e *gnathos*, mandíbula). A boca é guarnecida por uma língua com dentículos de queratina, utilizados para raspar e perfurar a pele do hospedeiro; uma glândula salivar produz fluido anticoagulante que impede a cicatrização do ferimento e permite ao parasita sugar o sangue do hospedeiro. (Fig. 9.6)



ZIGMUND LESZCZYNSKI/ANIMALS ANIMALS/KEYSTONE BRASIL
BLICKWINKEL/ALAMY/GLOW IMAGES



ROGER KLOCEK/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

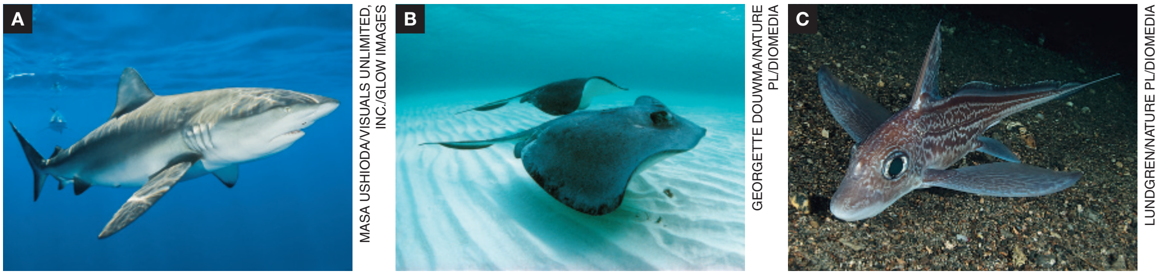
Figura 9.6 A. Lampreia (*Petromyzon marinus*), que pode atingir 90 cm de comprimento, com boca ventral e orifícios branquiais em evidência. Em destaque, a região anterior de *P. marinus*, evidenciando a forma circular e os dentículos de queratina. **B.** Carpa do gênero *Cyprinus*, com cerca de 40 cm de comprimento, sendo parasitada por lampreia da espécie *P. marinus*.

Ao atingir a maturidade sexual, as lampreias param de se alimentar e migram dos mares para os rios. O macho constrói um ninho, onde a fêmea coloca cerca de 200 mil óvulos, sobre os quais o macho elimina os espermatozoides. Logo após o acasalamento, os adultos morrem.

Dos ovos eclodem larvas bem diferentes dos adultos, conhecidas como **amocetes**. Elas não têm olhos nem dentes e vivem semienterradas no lodo de lagos e rios, alimentando-se de partículas que filtram da água. Esse estágio larval pode durar até 7 anos e termina com a metamorfose para a forma adulta e sua migração para o mar.

Peixes cartilaginosos (Chondrichthyes)

Os **condrictes** (do grego *chondros*, cartilagem, e *ichthyos*, peixes) são vertebrados aquáticos cujo esqueleto é totalmente constituído de cartilagens. Os mais conhecidos são os elasmobrânquios, grupo representado por tubarões, cações e raias, com cerca de 1.000 espécies; menos conhecidas são as quimeras (holocéfalos), com cerca de 30 espécies, que vivem em grandes profundidades. (Fig. 9.7)



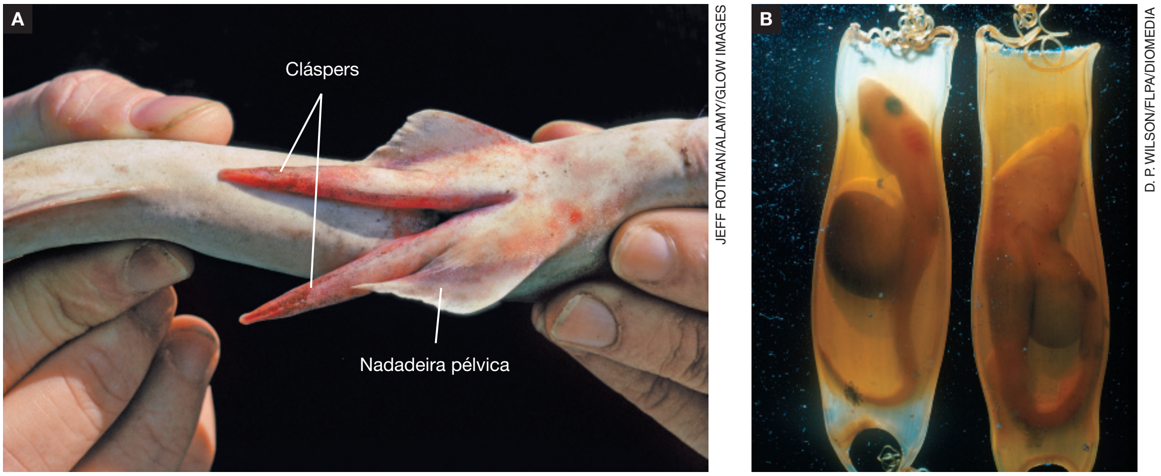
MASA USHIODA/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

GEORGETTE DOUWMA/NATURE PL/DIOMEDIA

LUNDGREN/NATURE PL/DIOMEDIA

Figura 9.7 Representantes do grupo dos peixes cartilaginosos. **A.** Tubarão-de-Galápagos (*Carcharhinus galapagensis*), que pode atingir 3 m de comprimento. **B.** Raia bicuda (*Dasyatis americana*), espécie que chega a medir 2 m de envergadura. **C.** Quimera (*Chimaera monstrosa*), do grupo dos holocéfalos, que pode atingir 1,5 m de comprimento.

Os condrictes têm reprodução sexuada e são dioicos, com fecundação interna. Os machos apresentam um par de **cláspers**, órgãos copuladores formados por diferenciação das nadadeiras pélvicas e utilizados para introduzir esperma na cloaca da fêmea. Certas espécies de condrictes são ovíparas, com desenvolvimento direto. (Fig. 9.8)



JEFF ROTMAN/ALAMY/GLOW IMAGES

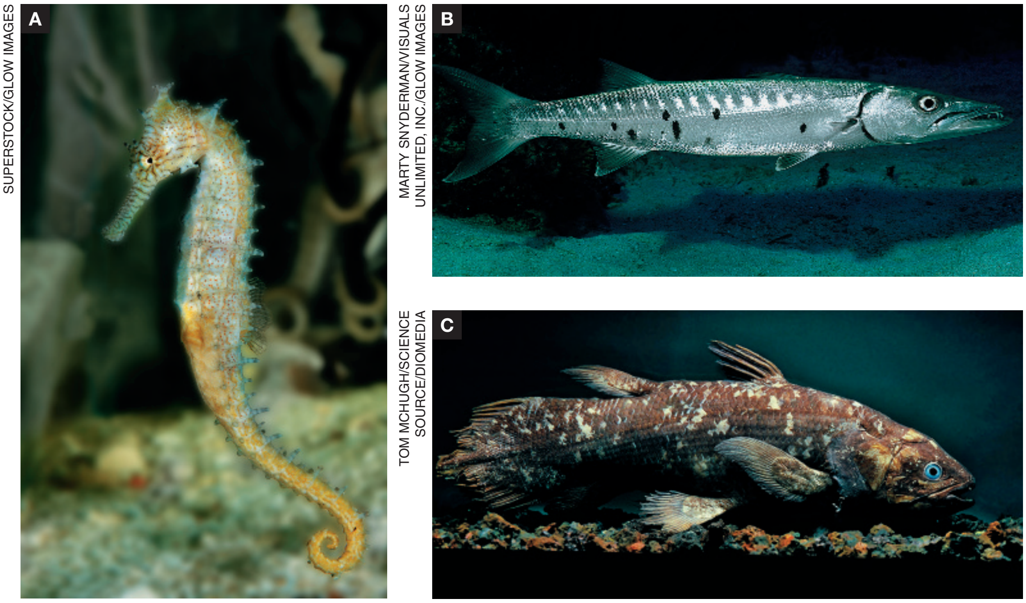
D. P. WILSON/FLPA/DIOMEDIA

Figura 9.8 **A.** Cláspers de tubarão em evidência. **B.** Ovo de tubarão *Scyliorhinus canicula* com embrião ligado à massa de vitelo. A casca dos ovos é dotada de ganchos para a fixação a substratos submersos. Nessa espécie, os filhotes que saem do ovo têm cerca de 10 cm de comprimento.

Há espécies de condrictes ovovivíparas, em que as fêmeas retêm os ovos no corpo até o final do desenvolvimento embrionário, "dando à luz" jovens peixes imaturos. Algumas poucas espécies são vivíparas, em que os embriões desenvolvem-se totalmente dentro do corpo da fêmea, alimentando-se de substâncias que retiram do sangue materno por meio de uma estrutura equivalente à placenta.

Peixes ósseos (Osteichthyes)

Os **osteíctes** (do grego *osteon*, osso, e *ichthyos*, peixes) são vertebrados aquáticos dotados de esqueleto ósseo, que vivem em lagos, córregos, rios e oceanos, desde as regiões polares até os trópicos. Os peixes ósseos são divididos em dois grupos, dos quais o mais conhecido é o dos **actinopterígios** (Actinopterygii), peixes ósseos dotados de nadadeiras radiais. O outro grupo, representado por poucas espécies atuais, é o dos **sarcopterígios** (Sarcopterygii), peixes dotados de nadadeiras carnosas com sustentação óssea. (Fig. 9.9)



SUPERSTOCK/GLOW IMAGES

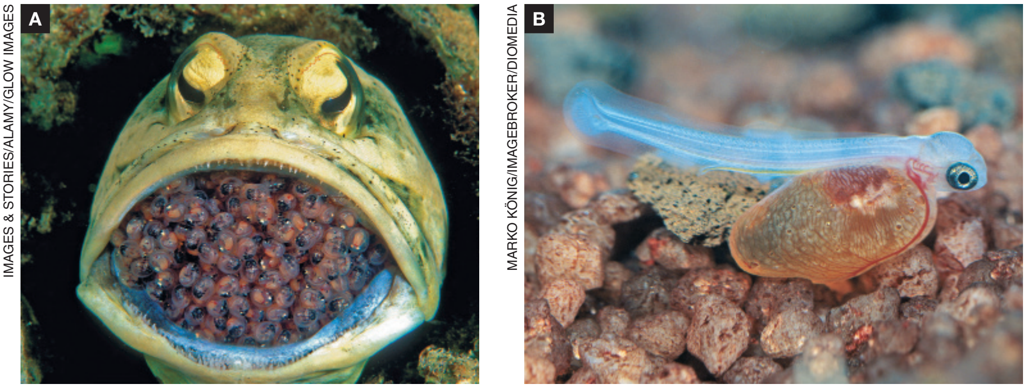
MARTY SNYDERMAN/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

TOM MCHUGH/SCIENCE SOURCE/DIOMEDIA

Figura 9.9 Peixes actinopterígios apresentam nadadeiras radiais, como o cavalo-marinho *Hippocampus kuda* (**A**), que mede cerca de 8 cm de comprimento, e a barracuda *Sphyraena barracuda* (**B**), com aproximadamente 90 cm de comprimento. Peixes sarcopterígios são dotados de nadadeiras lobadas, como é o caso do celacanto *Latimeria chalumnae* (**C**), que atinge cerca de 1,2 m de comprimento.

Os actinopterígios têm, na cavidade corporal, uma bolsa cheia de gás denominada **bexiga natatória**, que controla a flutuação e permite ao peixe manter-se em diferentes profundidades, subindo ou descendo sem gastar muita energia. (Reveja, no capítulo 7, a figura 7.10, na página 135.)

Os osteíctes são dioicos, e a maioria das espécies é ovípara, com fecundação externa, geralmente precedida de rituais de corte. O desenvolvimento pode ser direto ou indireto. Em algumas espécies, os pais cuidam dos ovos. Filhotes de actinopterígios, denominados alevinos, geralmente apresentam um grande saco vitelínico ligado ao abdome. (Fig. 9.10)



IMAGES & STORIES/ALAMY/GLOW IMAGES

MARKO KÖNIG/IMAGEBROKER/DIOMEDIA

Figura 9.10 A. Peixe da espécie *Opistognathus dendriticus*, que pode atingir 28 cm de comprimento e que guarda os ovos na boca. **B.** Alevino de truta (*Oncorhynchus mykiss*), que pode atingir 2 cm nesse estágio inicial de desenvolvimento, com o grande saco vitelínico ligado ao abdome.

Aproveite a discussão da função da bexiga natatória para realizar a atividade de observação do comportamento de um peixe ósseo (atividade presente nas *Atividades complementares* no **Suplemento para o professor**) e a atividade prática de observação da anatomia externa e interna de um peixe ósseo. Oriente os alunos a abrir o peixe com cautela para tentar preservar a bexiga natatória, que pode estar repleta de ar em alguns exemplares.

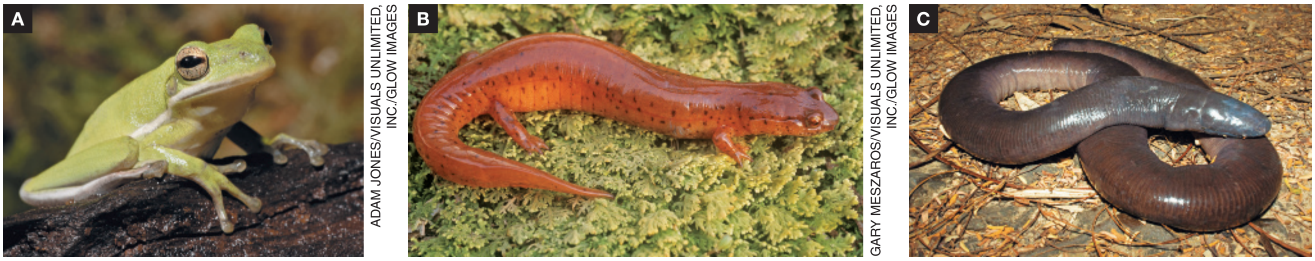
9.5 Tetrápodes (Tetrapoda)

Os **tetrápodes** (do grego *tetra*, quatro, e *podós*, perna), representados atualmente por mais de 21 mil espécies, são vertebrados que descendem de ancestrais vertebrados dotados de quatro membros com dedos e adaptados à vida em terra firme. Algumas espécies, como baleias e golfinhos, no entanto, descendem de mamíferos que retornaram ao ambiente aquático. Os tetrápodes dividem-se em dois grupos: **anfíbios** (Amphibia) e **amniotas** (Amniota), este último representado pelos répteis, pelas aves e pelos mamíferos.

Anfíbios (Amphibia)

Os **anfíbios** (do grego *amphi*, duas, e *bios*, vida) recebem essa denominação porque muitas espécies têm uma fase larval aquática, com respiração branquial, e uma fase adulta adaptada ao ambiente de terra firme. Os anfíbios mais conhecidos são os **anuros** (sapos, rãs e pererecas), classificados na ordem Anura, termo que significa "desprovido de cauda" (do grego *an*, prefixo de negação, e *uros*, cauda).

Outros anfíbios são os **urodelos** ou caudados (ordem Urodela), representados pelas salamandras, animais dotados de quatro pernas e cauda alongada. Menos conhecidos são os **gimnofionos** (ordem Gimnophiona ou Apoda), representados pelas cobras-cegas ou cecílias, animais de corpo cilíndrico, alongado e destituído de apêndices. (Fig. 9.11)



ADAM JONES/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

GARY MESZAROS/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

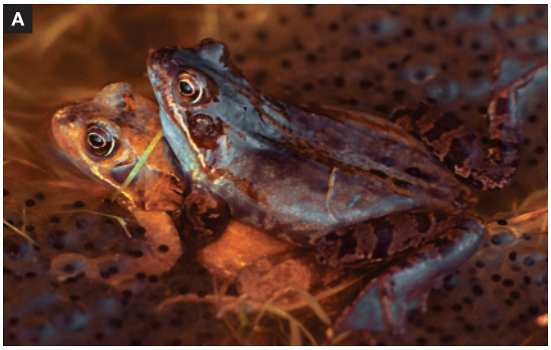
EPHOTOCORP/ALAMY/GLOW IMAGES

Figura 9.11 Representantes dos anfíbios. **A.** Perereca *Hyla cinerea* (ordem Anura), que mede aproximadamente 6 cm de comprimento. **B.** Salamandra *Gyrinophilus porphyticus duryi* (ordem Urodela), que chega a 16 cm de comprimento. **C.** Cecília *Ichthyophis bombayensis* (ordem Gimnophiona), com cerca de 40 cm de comprimento.

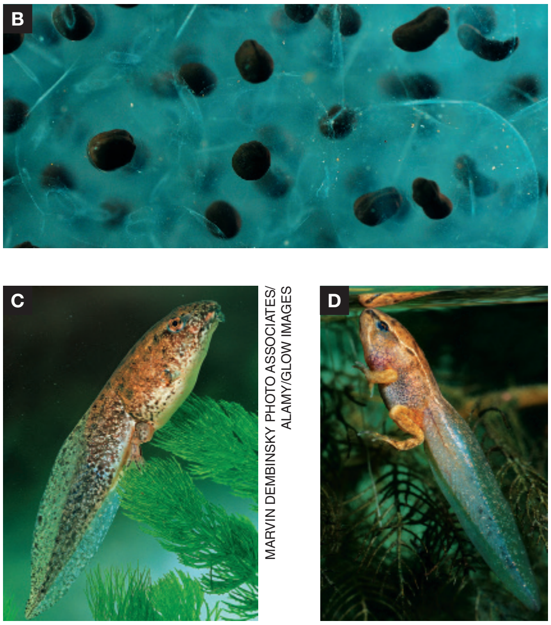
Anfíbios adultos têm glândulas produtoras de muco na pele, o que ajuda a manter a superfície corporal úmida e lubrificada. Isso permite as trocas gasosas entre os vasos sanguíneos da pele e o ambiente (respiração cutânea). Muitos anfíbios têm pele colorida, com funções de camuflagem, atrativo sexual ou coloração de alerta. Algumas espécies secretam veneno na pele, fatais para animais predadores e que podem intoxicar pessoas pelo contato.

Anuros e salamandras adultos são carnívoros, alimentando-se, em geral, de insetos, vermes, pequenos crustáceos, moluscos e outros animais. As larvas aquáticas de anuros, conhecidas como **girinos**, alimentam-se de algas e restos de organismos mortos. As cobras-cegas, que vivem enterradas no solo ou no lodo de lagoas, são predadoras de minhocas, insetos etc.

Anfíbios são animais dioicos e, na maioria, ovíparos com fecundação externa. Na época da reprodução, os anuros machos vocalizam para delimitar território e atrair a fêmea, que é abraçada no chamado amplexo nupcial, que estimula a liberação dos óvulos; enquanto isso, o macho elimina sobre eles os espermatozoides. (Fig. 9.12)



JOHN CANCALOSI/ALAMY/GLOW IMAGES



SOLVIN ZANKL/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

MARVIN DEMBINSKY PHOTO ASSOCIATES/ ALAMY/GLOW IMAGES

ROBERT PICKETT/VISUALS UNLIMITED, INC./ GLOW IMAGES

Figura 9.12 **A.** Casal de rãs da espécie *Rana temporaria* fotografadas durante o amplexo nupcial. O macho, geralmente menor que a fêmea, mede aproximadamente 10 cm de comprimento. **B.** Ovos de rã *Rana temporaria* em diferentes estágios de desenvolvimento; cada ovo tem aproximadamente 2 mm de diâmetro. **C.** Girino relativamente jovem de *Rana clamitans*, com apenas as pernas traseiras desenvolvidas. **D.** Girino de *R. temporaria* com as pernas anteriores e posteriores já desenvolvidas.

Na maioria dos anfíbios, os ovos fecundados desenvolvem-se em larvas dotadas de brânquias. O desenvolvimento larval encerra-se com a metamorfose, processo em que as brânquias desaparecem e surgem os pulmões. Outras mudanças que ocorrem na metamorfose das larvas de anuros (girinos) são a regressão total da cauda e o surgimento das pernas, primeiro as traseiras e depois as dianteiras; em larvas de salamandra a cauda não regride na metamorfose, persistindo na fase adulta.

Certas espécies de salamandra que vivem permanentemente na água não sofrem metamorfose, conservando características larvais durante toda a vida, mesmo após amadurecer sexualmente e se reproduzir. Esse curioso fenômeno, em que animais com características larvais se reproduzem, é chamado **neotenia**.

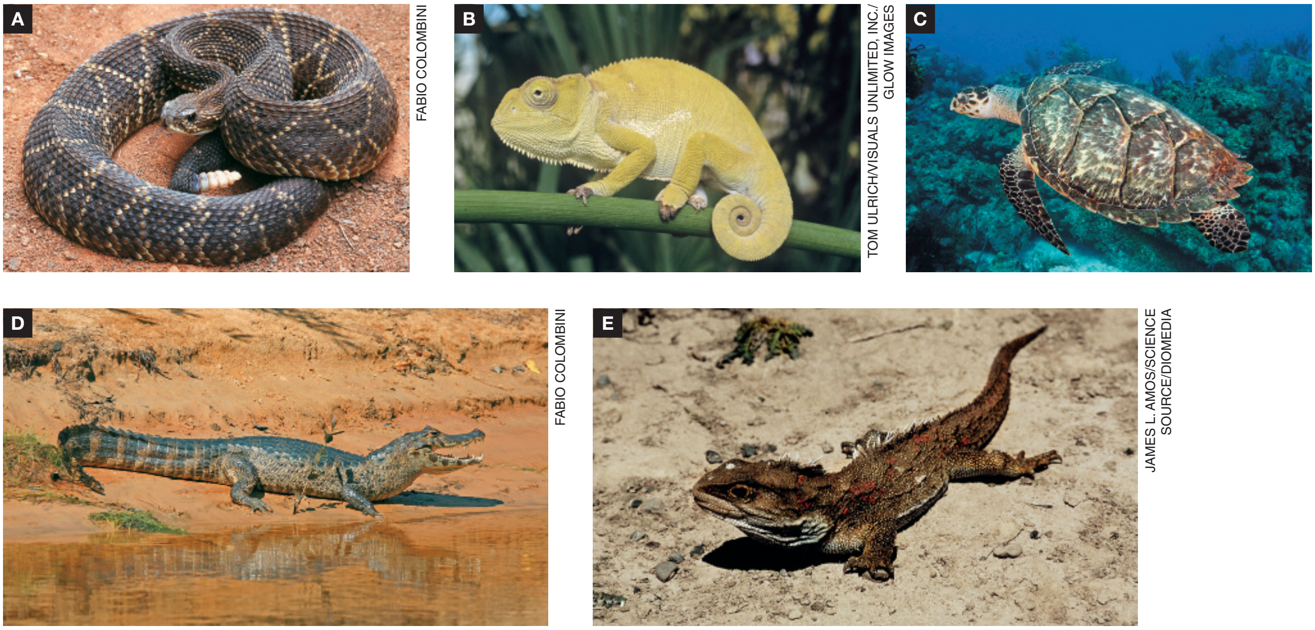
Em algumas espécies de salamandra, os machos eliminam pacotes gelatinosos contendo os espermatozoides que as fêmeas "sugam" com a cloaca; a fecundação, portanto, ocorre internamente. Em poucas espécies, as larvas desenvolvem-se no interior do corpo materno até a metamorfose. Cerca de metade das espécies de salamandra não tem fase larval; dos ovos nascem filhotes com corpos semelhantes aos dos adultos.

Os representantes do grupo Gimnophiona têm fecundação interna com cópula, em que o macho introduz parte de sua cloaca na cloaca da fêmea, onde libera os espermatozoides. Cerca de 75% das espécies dessa ordem são vivíparas.

Répteis (Reptilia)

Os **répteis** (do latim *reptilis*, que se arrasta) têm o corpo recoberto por uma espessa epiderme de queratina e apresentam pulmões eficientes nas trocas gasosas com o ambiente aéreo, duas características que mostram a adaptação do grupo à vida em terra firme. Os representantes mais conhecidos dos répteis são as serpentes, os lagartos, os jacarés, os crocodilos, os jabutis e as tartarugas.

Os répteis são divididos em quatro ordens: Squamata, Chelonia, Crocodilia e Rhynchocephalia. Os **esquamatos** são os répteis mais abundantes e diversificados, representados principalmente por serpentes e lagartos. A ordem dos **quelônios** (Chelonia) reúne as tartarugas, marinhas e de água doce, os cágados (que vivem em água doce) e os jabutis (que vivem em terra firme). A ordem dos **crocodílios** (Crocodilia) reúne crocodilos, gaviais e jacarés, que vivem em rios e lagos de água doce em regiões quentes; apenas poucas espécies vivem no mar. A ordem dos **rincocéfalos** (Rhynchocephalia) reúne as tuataras, com apenas duas espécies viventes, restritas à Nova Zelândia. O tamanho dos répteis atuais varia de poucos centímetros, em alguns lagartos, a vários metros, em algumas serpentes. (Fig. 9.13)



FABIO COLOMBINI

TOM ULRICH/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

DAVID FLEETHAM/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

FABIO COLOMBINI

JAMES L. AMOS/SCIENCE SOURCE/DIOMEDIA

Figura 9.13 Representantes dos répteis. **A.** Cascavel *Crotalus durissus* (ordem Squamata), que atinge 1,2 m de comprimento. **B.** Camaleão *Chamaeleo gracilis* (ordem Squamata), que atinge 35 cm de comprimento. **C.** Tartaruga-de-pente *Eretmochelys imbricata* (ordem Chelonia), que mede até 90 cm de comprimento. **D.** Jacaré-do-pantanal *Caiman yacare* (ordem Crocodilia), que ultrapassa 2,5 m de comprimento. **E.** Tuatara *Sphenodon punctatus* (ordem Rhynchocephalia), com cerca de 30 cm de comprimento.

Outros termos empregados em referência à manutenção da temperatura corporal são pecilotérmico (do grego *poikilos*, variado), que significa temperatura variável, e homeotérmico (do grego *hómoios*, semelhante), que significa temperatura constante.

Répteis, anfíbios e a maioria dos peixes costumam ser designados como "animais de sangue frio", pois não utilizam calor gerado no metabolismo para controlar a temperatura corporal. Pelo fato de utilizarem calor externo para se aquecer, esses animais são chamados **ectotérmicos** (do grego *ektós*, de fora, e *thermo*, calor), termo mais apropriado que "animais de sangue frio". Mamíferos e aves, por outro lado, são animais **endotérmicos** (do grego *éndon*, dentro), pois a manutenção de sua temperatura corporal utiliza calor gerado pelo metabolismo.

Os répteis são, na maioria, animais dioicos e ovíparos. Os espermatozoides são eliminados na cloaca da fêmea durante a cópula e a fecundação é interna; o desenvolvimento é direto, sem estágio larval.

A principal novidade evolutiva que permitiu aos répteis conquistar totalmente o ambiente de terra firme foi o **ovo amniótico**. Trata-se de um ovo protegido por uma casca membranosa ou calcária, no interior do qual o embrião forma estruturas extraembrionárias (saco vitelínico, âmnio e alantoide), que lhe permitem sobreviver fora da água. As estruturas extraembrionárias características do ovo amniótico também ocorrem em aves e mamíferos, o que levou os sistematas a reunir esses animais e os répteis no grupo Amniota (que têm âmnio – uma bolsa cheia de líquido que envolve o embrião e o protege da dessecação e de eventuais choques mecânicos).

Os ovos dos répteis, como os das aves, contêm água e alimento suficientes para todo o desenvolvimento embrionário. As trocas do embrião com o ambiente restringem-se aos gases respiratórios, que se difundem pelos envoltórios do ovo. (Fig. 9.14)

É importante enfatizar para os alunos que esses termos, entretanto, não são sinônimos de ectotérmico e endotérmico e devem ser evitados. Muitos peixes e animais marinhos ectotérmicos, por exemplo, vivem em águas com temperatura tão estável que sua temperatura corporal varia menos do que a dos seres humanos e a de outros animais endotérmicos.

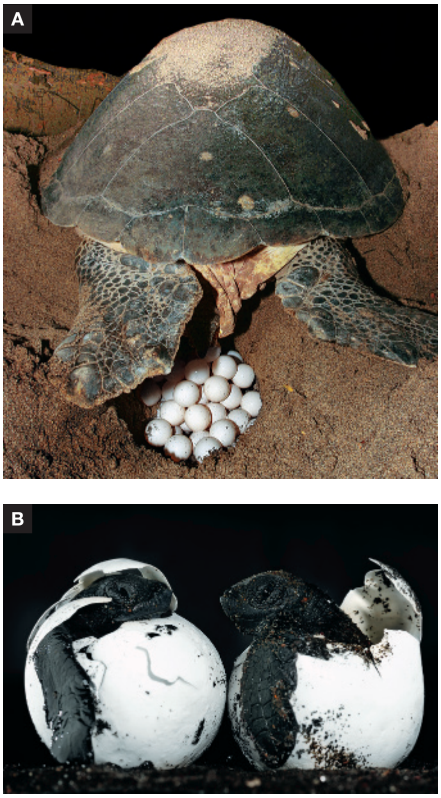
Aves

As **aves** vivem em todas as regiões do planeta e sua principal característica é a capacidade de voar, embora algumas espécies (avestruzes, emas etc.) tenham perdido essa habilidade no curso da evolução. São cerca de 9 mil espécies descritas, com grande diversidade de formas e tamanhos, variando desde 6 cm e 2 g, como é o caso de uma espécie de beija-flor, até 2,5 m e 160 kg, no caso do avestruz.

A pele das aves apresenta formações epidérmicas características do grupo: as **penas**. As penas se formam no interior de folículos, de maneira similar aos pelos dos mamíferos, com a diferença de que nos folículos das penas não há glândulas sebáceas associadas. A lubrificação das penas, importante para manter a impermeabilidade do corpo da ave, é feita pela secreção gordurosa de uma glândula localizada na parte superior da cauda, a **glândula uropigiana**. As penas protegem as aves contra choques mecânicos, impermeabilizam a pele, auxiliam na manutenção da temperatura corporal – atuando como isolante térmico – e possibilitam o voo.

As aves são animais dioicos e ovíparos, com desenvolvimento direto. Em todas as espécies ocorre cópula e a fecundação é interna. Na maioria dos casos, o macho não tem órgão copulador; a transferência dos espermatozoides para a fêmea ocorre por justaposição das aberturas das cloacas dos parceiros durante a cópula. A quase totalidade das aves choca os ovos, garantindo a temperatura adequada para o desenvolvimento embrionário. (Fig. 9.15)

A maioria das aves apresenta dimorfismo sexual, com nítida diferença morfológica entre os machos e as fêmeas da espécie. Os machos geralmente têm plumagens coloridas e exuberantes, enquanto as fêmeas têm plumagens menos vistosas, que se confundem com o ambiente. Em diversas espécies, os machos delimitam territórios de procriação, garantindo, assim, o direito de se reproduzir com as fêmeas ali presentes.



M. WATSON/ARDEA/DIOMEDIA

SOLVIN ZANKL/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 9.14 A. Visão da parte posterior da tartaruga-verde (*Chelonia mydas*), animal com cerca de 1,5 m de comprimento, colocando ovos na areia da praia (Arquipélago das Comores, 2009).
B. Filhotes de tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*) saindo do ovo. O animal adulto mede cerca de 60 cm de comprimento.

MICHAEL WEBER/IMAGEBROKER/DIOMEDIA

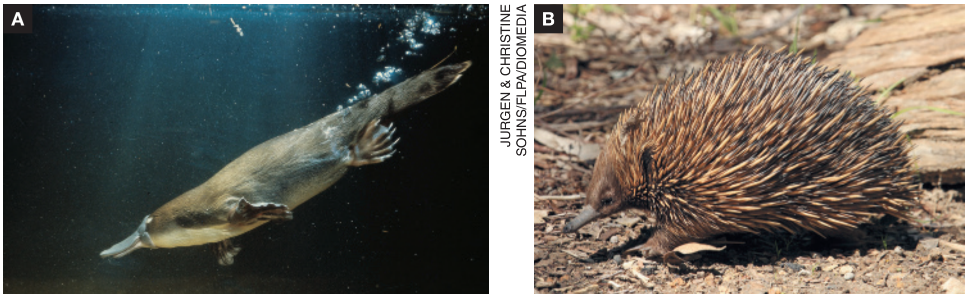
Figura 9.15 A maioria das aves, como esse casal de cegonha-branca (*Ciconia ciconia*), constrói ninhos onde choca os ovos e cuida da prole. Esse comportamento é importante no sucesso adaptativo do grupo. A cegonha-branca adulta pode atingir 1,2 m de altura.

Mamíferos (Mammalia)

Os **mamíferos** são animais dotados de glândulas mamárias e corpo total ou parcialmente recoberto por pelos. Outras características típicas do grupo são os dentes diferenciados (incisivos, caninos, pré-molares e molares) e o diafragma, membrana dermomuscular que separa as cavidades torácica e abdominal. Os mamíferos vivem em todos os ambientes da Terra e apresentam grande variação de tamanho e massa corpórea, desde 1,5 g, em uma espécie de morcego, até 130 toneladas e 30 m de comprimento, na baleia-azul.

Os mamíferos são classificados em três grupos: monotremados (Prototheria), marsupiais (Metatheria) e placentários (Eutheria).

Os **monotremados**, representados atualmente por ornitorrincos e equidnas, são mamíferos ovíparos encontrados apenas na Austrália e na Nova Guiné, cujos ovos são bastante semelhantes aos dos répteis. Fêmeas de ornitorrinco constroem um ninho subterrâneo com entrada submersa, onde botam dois ou três ovos, cada um com pouco mais de 1 cm de diâmetro. A fêmea choca os ovos até o nascimento dos filhotes e os alimenta com leite produzido pelas glândulas mamárias. (Fig. 9.16)



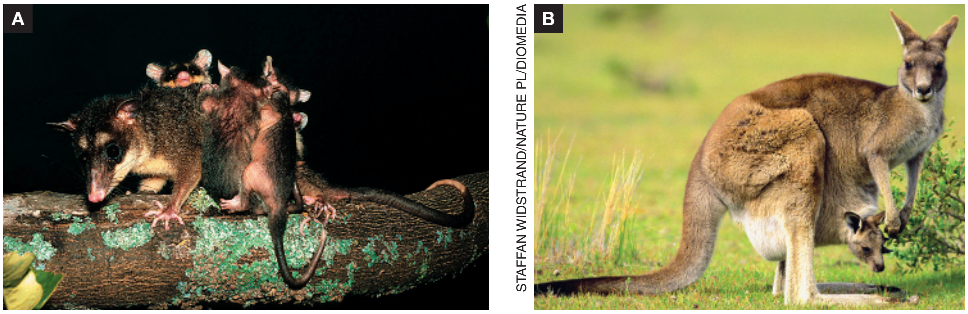
SUPERSTOCK/DIOMEDIA

JURGEN & CHRISTINE SOHNS/FLPA/DIOMEDIA

Figura 9.16 Representantes dos monotremados. **A.** Ornitorrinco (*Ornithorhynchus anatinus*), que mede cerca de 45 cm. **B.** Equidna-de-focinho-curto (*Tachyglossus aculeatus*), com aproximadamente 30 cm de comprimento.

Os **marsupiais** têm como representantes mais conhecidos os cangurus australianos e os gambás sul-americanos. As fêmeas marsupiais geralmente apresentam uma bolsa de pele no ventre, o **marsúpio**, no qual os filhotes abrigam-se até completar seu desenvolvimento.

O desenvolvimento embrionário dos marsupiais inicia-se no interior do útero materno, e os embriões alimentam-se de substâncias armazenadas no ovo e de líquidos nutritivos produzidos pela parede uterina. Após um curto período de gestação, entre 12 e 14 dias no gambá sul-americano e 38 e 40 dias nos grandes cangurus, nascem os filhotes ainda imaturos. O recém-nascido agarra-se aos pelos da mãe e desloca-se até o marsúpio, no interior do qual se localizam as glândulas mamárias. O filhote permanece no marsúpio, alimentando-se de leite, até completar o desenvolvimento. Nos marsupiais em que as fêmeas não têm marsúpio, os filhotes agarram-se a pregas de pele próximas às glândulas mamárias. (Fig. 9.17)



HAROLDO PALO JR./KINO.COM.BR

STAFFAN WIDSTRAND/NATURE PL/DIOMEDIA

Figura 9.17 Representantes dos marsupiais. **A.** Cuíca-verdadeira (*Philander opossum*) com filhotes. O adulto mede cerca de 30 cm. **B.** Canguru (*Macropus giganteus*) com filhote no marsúpio. Uma fêmea adulta pode alcançar 2,5 m de comprimento, do nariz à ponta da cauda.

Os **placentários** constituem 95% das espécies de mamíferos. Cães, gatos, girafas, cavalos, elefantes, coelhos, camundongos e seres humanos são exemplos desse grupo de mamíferos. O que caracteriza os placentários é o fato de os filhotes completarem o desenvolvimento embrionário no interior do útero materno, ligados à parede uterina por meio da **placenta**.

A placenta é um órgão formado pela associação de tecidos maternos e embrionários, e é por ela que o embrião recebe nutrientes e gás oxigênio do sangue da mãe e elimina gás carbônico e as excreções resultantes do seu metabolismo. O embrião liga-se à placenta pelo cordão umbilical. Após o parto, a placenta se desprende do útero materno e é eliminada.

ATIVIDADES

Revendo conceitos, fatos e processos

Registre em seu caderno

Escreva, em seu caderno, o termo da relação abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 1 a 3.

a) cauda
b) fenda faringiana
c) notocorda
d) tubo nervoso dorsal

1. (▬) é um bastão compacto e flexível localizado ao longo do dorso dos embriões de cordados. 1. c

2. Um cilindro oco de origem ectodérmica, localizado ao longo do dorso dos embriões dos cordados, é chamado (▬). 2. d

3. (▬) é a denominação de cada fissura lateral presente na faringe de embriões cordados. 3. b

Escreva, em seu caderno, o termo da relação abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases 4 e 5.

a) cefalocordados
b) protocordados
c) tunicados
d) vertebrados

4. Cordados que têm notocorda restrita à cauda da larva são os (▬). 4. c

5. (▬) são cordados sem vértebras em que a notocorda estende-se até a porção anterior do corpo, perdurando na fase adulta. 5. a

Escreva, em seu caderno, o termo da relação abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 6 a 8.

a) ovíparos
b) ovovivíparos
c) vivíparos

6. (▬) são animais cujo embrião se desenvolve no interior do corpo da mãe, nutrindo-se de substâncias fornecidas pelo corpo materno. 6. c

7. (▬) são animais cujas fêmeas botam ovos que contêm reservas para todo o desenvolvimento embrionário. 7. a

8. Animais (▬) são aqueles cujas fêmeas retêm os ovos, ricos em substâncias nutritivas para o embrião, até a eclosão. 8. b

Escreva, em seu caderno, o termo da relação abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases 9 e 10.

a) ectotérmico
b) endotérmico
c) hermafrodita
d) vivíparo

9. Um animal que mantém constante sua temperatura corporal por meio de calor gerado no metabolismo é chamado (▬). 9. b

10. Um animal cuja temperatura corporal varia de acordo com as condições ambientais é chamado (▬). 10. a

11. O termo peixe é usado para designar animais aquáticos pertencentes 11. d

a) ao grupo Agnatha, apenas.
b) ao grupo Osteichthyes, apenas.
c) aos grupos Chondrichthyes e Osteichthyes, apenas.
d) aos grupos Agnatha, Chondrichthyes e Osteichthyes.

12. São características exclusivas dos mamíferos: 12. c

a) endotermia; pelos; coração com quatro cavidades.
b) endotermia; glândulas mamárias; pelos.
c) glândulas mamárias; pelos; diafragma.
d) coração com quatro cavidades; pelos; diafragma.

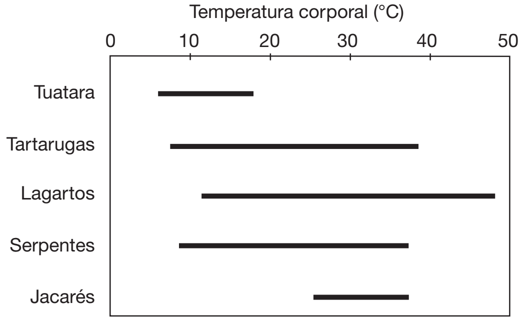
Questões para exercitar o pensamento

Registre em seu caderno

13. Alguns peixes das profundezas oceânicas explodem quando trazidos rapidamente para a superfície. Com base no que você conhece sobre a anatomia interna dos peixes, formule uma explicação para esse fato.

14. Durante a metamorfose dos anfíbios, uma das maiores alterações anatômicas acontece no sistema circulatório. Justifique a necessidade das transformações que ocorrem nesse sistema.

15. No gráfico a seguir, os traços indicam a variação de temperatura corporal que os diversos répteis conseguem suportar sem perecer.



ADILSON SECCO

Observação: tuatara (*Sphenodon punctatum*) é um réptil de hábitos noturnos, semelhante a um lagarto, que vive apenas em algumas ilhas da Nova Zelândia. Ele é considerado um fóssil vivo, pouco diferindo de seus parentes que viveram há 200 milhões de anos.

Permita que os alunos façam e utilizem desenhos, fotos, vídeos e outras mídias na realização da atividade. Os resultados podem ser compartilhados entre estudantes de diferentes salas de aula, o que permitirá observar melhor as estruturas. Também é possível divulgar vídeos pela internet, tornando os resultados acessíveis para todos os alunos.

Com base na análise do gráfico anterior, responda às perguntas a seguir.

a) Qual dos répteis mencionados deve ter distribuição geográfica mais restrita? Por quê?

b) Qual dos répteis deve ter distribuição geográfica mais ampla? Por quê?

Faça você mesmo!

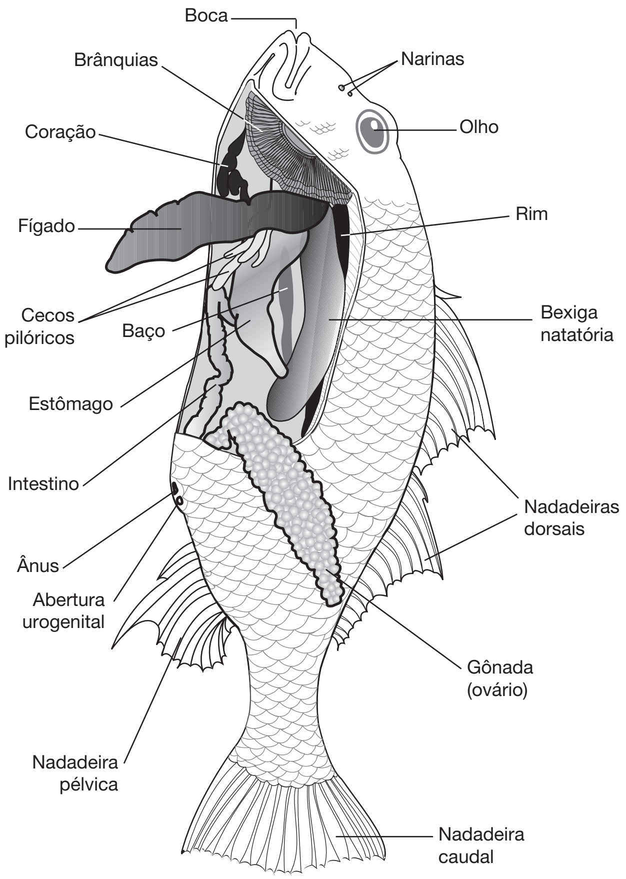
Registre em seu caderno

16. Atividade prática: Observação da anatomia externa e interna de um peixe ósseo

Diversos tipos de peixes podem ser utilizados para observação da anatomia externa e interna. Em um mercado, feira ou entreposto, escolha um peixe ósseo que tenha entre 15 e 30 cm de comprimento, como uma tainha ou uma tilápia. Para saber se um peixe está bem fresco, observe se os olhos estão brilhantes, se as brânquias sobre o opérculo apresentam um tom vermelho vivo e se a musculatura está firme ao tato.

Coloque o peixe sobre uma bandeja (pode ser uma bacia plástica ou outro recipiente) e inicie a análise, com o peixe ainda inteiro. A observação pode ser feita em grupos de 3 ou 4 alunos, de modo a reduzir a quantidade de peixes utilizada.

Apresentamos a seguir um desenho de referência para guiá-lo durante a atividade.



ADILSON SECCO

1. Observe a boca rodeada pelos maxilares (o maxilar inferior móvel é a mandíbula), as narinas, os olhos destituídos de pálpebras, os opérculos (sob os quais ficam as brânquias), as nadadeiras, as escamas, o ânus e o orifício urogenital. Lembre-se de que os peixes ósseos não têm cloaca. Observe a linha lateral que percorre os lados do peixe, da cabeça à cauda. Faça um desenho ou esquema da anatomia externa do peixe que escolheu.
2. Após a análise da morfologia externa, disseque o peixe para estudar seus órgãos internos. Com uma tesoura de ponta fina, faça um corte superficial ao longo da barriga, começando um pouco à frente do ânus e progredindo até um pouco adiante das nadadeiras pélvicas. Deite o peixe lateralmente sobre a bandeja de dissecação e faça cortes de modo a remover uma parede lateral do corpo. Tome bastante cuidado nessa etapa, pois algumas partes da lateral, em especial a estrutura que cobre a brânquia, podem ser bastante resistentes. Se houver necessidade, peça ajuda ao professor. Tenha sempre à mão um espirrador com água para umedecer os órgãos internos e evitar que eles ressequem. Faça um desenho do peixe dissecado e use setas para apontar os órgãos identificados.

Ao final da atividade, devido ao tempo que passou sem refrigeração, o peixe muito provavelmente estará impróprio para o consumo; assim, ele deve ser descartado em local adequado.

A Biologia no vestibular e no Enem

Registre em seu caderno

Questões objetivas

1. (UFPI) As características a seguir são apresentadas por determinados grupos de vertebrados:

I. presença de âmnio e alantoide.
II. ovo com casca calcária.
III. grande quantidade de vitelo.

Essas características poderiam ser de 1. e

a) ave e peixe.
b) ave e anfíbio.
c) peixe e réptil.
d) réptil e anfíbio.
e) ave e réptil.

2. (UFPE) A presença do diafragma muscular, estrutura que separa a cavidade torácica da cavidade abdominal e permite a ocorrência dos movimentos respiratórios de inspiração e de expiração, é característica: 2. a

a) apenas dos mamíferos.
b) dos répteis e dos mamíferos.
c) dos anfíbios e dos mamíferos.
d) das aves e dos répteis.
e) de todos os animais a partir dos anfíbios.

3. (UFC-CE) A respeito do processo de controle da temperatura corpórea nos vertebrados, é **correto** afirmar que 3. d

a) os répteis, animais ectotérmicos, mantêm sua temperatura corpórea sempre elevada devido à presença das escamas dérmicas, que funcionam como isolante térmico.
b) os animais ectotérmicos, como as aves, dependem de uma fonte externa de calor, bem como do auxílio de penas para manter a temperatura corpórea constante.
c) a necessidade de ambientes úmidos para a sobrevivência dos anfíbios é consequência principalmente de sua ectotermia.
d) os animais endotérmicos são capazes de manter a temperatura corpórea constante por meio da produção interna de calor.
e) a endotermia e a homeotermia são características compartilhadas por mamíferos e peixes cartilaginosos.

4. (Fuvest-SP) Um animal de corpo cilíndrico e alongado, dotado de cavidade celômica, apresenta fendas branquiais na faringe durante sua fase embrionária. Esse animal pode ser: 4. a

a) uma cobra.
b) um poliqueto.
c) uma lombriga.
d) uma minhoca.
e) uma tênia.

5. (Unifesp) A presença de ovos com envoltório rígido é mencionada como uma das principais características que propiciaram a conquista do ambiente terrestre aos vertebrados. Contudo, essa característica só resultou em sucesso adaptativo porque veio acompanhada de outra novidade evolutiva para o grupo no qual surgiu. Tal novidade foi: 5. c

a) a total impermeabilidade da casca.
b) o cuidado com a prole.
c) a fecundação interna.
d) o controle interno da temperatura.
e) a eliminação de excretas pela casca.

6. (Fuvest-SP) Os vertebrados conquistaram o ambiente terrestre por meio da formação de um tipo de ovo capaz de desenvolver-se fora da água. Essa conquista aparece pela primeira vez em: 6. c

a) mamíferos.
b) aves.
c) répteis.
d) anfíbios.
e) peixes.

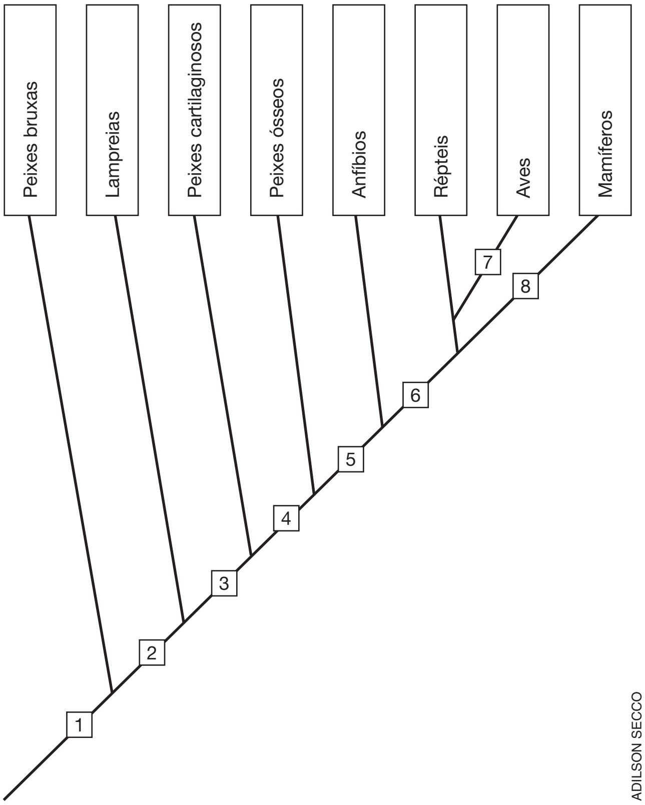
7. (UFRGS-RS) Em peixes ósseos, o órgão responsável pela manutenção do equilíbrio hidrostático é: 7. c

a) o fígado.
b) o estômago.
c) a bexiga natatória.
d) o esqueleto.
e) a nadadeira caudal.

Questões discursivas

8. (Unicamp-SP) Os vertebrados surgiram há cerca de 500 milhões de anos, e os primeiros fósseis não possuíam mandíbulas. Posteriormente, ocorreram inovações evolutivas que permitiram aos vertebrados ocuparem o meio terrestre.

a) Explique por que a aquisição da mandíbula foi importante para os vertebrados. Indique em qual número mostrado na figura surgiu essa novidade evolutiva.
b) Em que números mostrados na figura abaixo surgiram inovações evolutivas que permitiram aos vertebrados ocuparem o meio terrestre? Quais foram essas inovações? Por que essas inovações foram importantes nessa ocupação?



ADILSON SECCO

9. (Fuvest-SP) Quais foram os primeiros vertebrados que se tornaram independentes do meio aquático para a reprodução? Cite uma característica que permitiu essa adaptação. Justifique.

MÓDULO 4

Anatomia e fisiologia humanas

BRASIL
TORONTO2015
DE SOUZA GOMES

ROBERTO MACHADO NOA/LIGHTROCKET/GETTY IMAGES

Conheça os capítulos deste módulo

"Conhecer a si mesmo" é uma sábia recomendação, em todos os sentidos. Neste módulo, estudamos o corpo humano com o objetivo de conhecer aspectos básicos da anatomia e da fisiologia, para que possamos cuidar melhor de nossa saúde. É importante lembrarmos que cabe a cada um de nós adotar hábitos cotidianos saudáveis. Para isso devemos ter em mente que o organismo humano depende do funcionamento integrado de todos os sistemas corporais. Conhecendo as bases da estrutura e do funcionamento do corpo humano, podemos tomar atitudes que permitam atingir harmonia e a plena saúde do organismo.

Capítulo 10

Na apresentação, enfatizamos as mudanças de hábitos alimentares da população brasileira e sua relação com o aumento da obesidade. A composição de uma dieta equilibrada e saudável, tratada no primeiro item do capítulo, é fundamental não só para o bom funcionamento do sistema digestório, mas também para toda a fisiologia corporal. Nos diversos itens deste capítulo, estudamos aspectos básicos da anatomia e fisiologia de quatro sistemas de órgãos: digestório, respiratório, cardiovascular e urinário.

Capítulo 11

No primeiro item, estudamos o sistema nervoso humano, onde reside a parcela mais substancial de nossa humanidade. No segundo item, abordamos os principais sentidos humanos, com os quais percebemos tanto o ambiente externo como condições internas de nosso corpo. Por último, estudamos o sistema endócrino, com destaque para os hormônios encarregados de ajustar nosso metabolismo. Os conhecimentos deste capítulo representam mais um pequeno passo rumo à compreensão de nós mesmos, como seres vivos e como pessoas individuais, históricas e sociais. E nosso sistema nervoso é o responsável por boa parte disso!

Capítulo 12

Aqui estudamos a pele humana, que, além de revestir e proteger nosso corpo, atua como fronteira sensorial. Com milhões de sensores de diversos tipos, a pele nos possibilita perceber o que se passa ao redor. É por meio dela que percebemos se está calor ou frio, por exemplo. Estudamos também o sistema esquelético e os músculos, cuja atuação combinada, coordenada pelo sistema nervoso, permite realizar a ampla gama de movimentos corporais. Os antigos gregos já sabiam que a prática regular de atividade física é essencial ao bom funcionamento de músculos e ossos, o que é comprovado pelas recentes pesquisas médicas e biológicas.

GUIDE
Parapan Am
TORONTO
2015

Capítulo 10

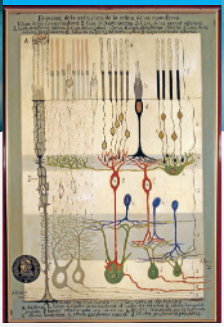
HURST PHOTO/SHUTTERSTOCK

Nutrição, respiração, circulação e excreção

Itens principais:

- Nutrição humana
- Respiração
- Circulação sanguínea e linfática
- Sistema urinário humano

Capítulo 11



SFGP/ALBUM ART/LATINSTOCK – COLEÇÃO PARTICULAR

Integração e controle corporal

Itens principais:

- Sistema nervoso
- Os sentidos
- Sistema endócrino

Capítulo 12

SOGNO LUCIDO/SHUTTERSTOCK

Revestimento, suporte e movimento do corpo humano

Itens principais:

- Estrutura e funções da pele humana
- Sistema esquelético humano
- Sistema muscular humano

Uma competição esportiva mostra a perfeita integração entre os sistemas corporais, que pode extrapolar o âmbito individual em certas modalidades. Um exemplo é a interação entre o paratleta, que é cego, e seu guia, fotografados durante prova de corrida nos jogos Parapan-americanos de Toronto, Canadá, em 2015.

Capítulo 10 Nutrição, respiração, circulação e excreção

HURST PHOTO/SHUTTERSTOCK

Uma dieta adequada consiste na combinação equilibrada de alimentos, considerando a idade e o grau de atividade física de cada pessoa. Você consegue identificar a maioria dos alimentos mostrados na foto acima?

O que o brasileiro come?

Uma pesquisa do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) comparou os hábitos alimentares do brasileiro nos anos de 2002-2003 com os dos anos 1974-1975[1]. Esse estudo constatou algumas melhorias, por exemplo: o consumo *in natura* de açúcar refinado regrediu em 25%, e o de toucinho, em 75%. Por outro lado, aumentou em mais de 60% o consumo de embutidos (presuntos, salsichas e linguiças), que contêm muita gordura. O consumo de verduras, legumes e frutas, por sua vez, não se alterou, mantendo-se em menos de metade do que é recomendado pelos nutricionistas.

O IBGE fez uma pesquisa semelhante no período de 2008-2009, de onde extraímos o trecho de texto a seguir.

"O consumo alimentar da população brasileira combina a tradicional dieta à base de arroz e feijão com alimentos com poucos nutrientes e muitas calorias. A ingestão diária de frutas, legumes e verduras está abaixo dos níveis recomendados pelo Ministério da Saúde (400 g) para mais de 90% da população. Já as bebidas com adição de açúcar (sucos, refrescos e refrigerantes) têm consumo elevado, especialmente entre os adolescentes, que ingerem o dobro da quantidade registrada para adultos e idosos, além de apresentarem alta frequência de consumo de biscoitos, linguiças, salsichas, mortadelas, sanduíches e salgados e menor ingestão de feijão, saladas e verduras."[2]

Essas mudanças comportamentais têm consequências diretas sobre a saúde da população. A porcentagem de brasileiros com excesso de peso em 1974, que era de 18,5%, quase triplicou em 2009, passando para 50,1%. E a porcentagem de pessoas com obesidade, no mesmo período, saltou de 2,8% para 12,4%, o que corresponde a um aumento de mais de 4 vezes. O que você acha disso?

---

[1] Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv30326.pdf>. Acesso em: fev. 2016.

[2] IBGE. *Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009*. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv50063.pdf>. Acesso em: fev. 2016.

A importância do assunto

Neste capítulo, vamos estudar quatro sistemas corporais humanos: digestório*, respiratório, cardiovascular e urinário. O objetivo principal é conhecermos os aspectos básicos da anatomia e da fisiologia de nosso corpo, para que possamos cuidar melhor de nossa saúde. Embora os médicos sejam os profissionais mais capacitados para atuar em situações de doença, cabe a cada um de nós adotar hábitos saudáveis no nosso cotidiano.

Na apresentação, enfatizamos as mudanças de hábitos alimentares da população brasileira e sua relação com o aumento da obesidade. A composição de uma dieta equilibrada e saudável é tratada no primeiro item deste capítulo. A alimentação e os cuidados com o sistema digestório merecem destaque, uma vez que da má alimentação decorrem problemas que afetam outros sistemas. No segundo item tratamos do sistema respiratório e, no terceiro, do sistema cardiovascular. O último item apresenta os aspectos básicos da anatomia e da fisiologia urinárias.

---

* A *Nomina anatômica* de 2011, publicada pela classe médica brasileira, sugeriu que o termo "digestivo", no âmbito da anatomia humana, passasse a ser escrito "digestório".

10.1 Nutrição humana

Alimentação e nutrientes

A espécie humana é heterotrófica e onívora (do latim *omnis*, tudo, e *voros*, comer), ou seja, nossa alimentação é variada, incluindo produtos de origem animal, vegetal etc. Os alimentos ingeridos, para serem assimilados pelas células corporais, precisam primeiro ser quebrados em componentes menores. Denomina-se **nutrição** o conjunto de processos que envolvem desde a ingestão do alimento até a sua assimilação pelas células.

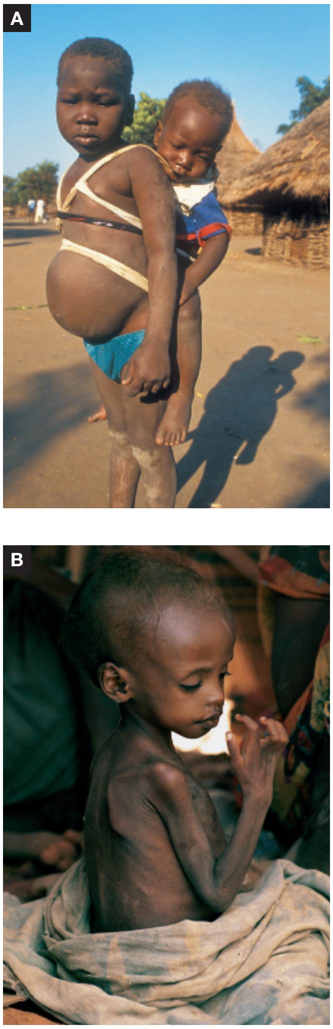
Os tipos e as quantidades de alimento que ingerimos compõem nossa **dieta**, que precisa conter carboidratos, lipídios, proteínas, sais minerais, vitaminas e água, necessários ao bom funcionamento do organismo. O conhecimento das necessidades nutricionais humanas permite compor uma dieta saudável e balanceada. É possível pesquisar a composição dos alimentos consultando, por exemplo, a tabela elaborada pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação da Unicamp: <http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada>. (Acesso em: fev. 2016.)

Nutrientes essenciais

Nosso organismo consegue sintetizar boa parte das substâncias de que necessita, usando para isso a matéria-prima presente nos alimentos. Entretanto, há substâncias orgânicas de que precisamos e que não conseguimos produzir, como aminoácidos essenciais e vitaminas, que têm de ser obtidas na dieta.

Dos vinte tipos de aminoácidos que compõem as proteínas, nossas células não produzem oito, que são chamados **aminoácidos essenciais**. São eles: isoleucina, leucina, valina, fenilalanina, metionina, treonina, triptofano e lisina. Além desses, recém-nascidos também não conseguem produzir histidina. Os aminoácidos essenciais podem ser obtidos a partir da ingestão de certos vegetais, mas sua principal fonte são alimentos de origem animal, como a carne, o leite e os queijos, entre outros.

Crianças desmamadas precocemente, se alimentadas com dietas pobres em aminoácidos essenciais, podem desenvolver um quadro de desnutrição conhecido como **kwashiorkor**, que se caracteriza pelo grande inchaço no abdome e prejuízos no desenvolvimento do sistema nervoso. Outro problema alimentar é a **subnutrição** decorrente da ingestão insuficiente de nutrientes. Nesse caso, a pessoa se torna excessivamente magra, com músculos atrofiados, pele frouxa e aparência envelhecida, quadro sintomático conhecido como **marasmo**. (Fig. 10.1)



IMAGES OF AFRICA PHOTOBANK/ALAMY/GLOW IMAGES

PER-ANDERS PETTERSSON/GETTY IMAGES

Figura 10.1 A. Criança com abdome inchado, um dos sintomas de kwashiorkor (Etiópia, 2005). **B.** Criança com desnutrição grave, que leva ao quadro clínico conhecido como marasmo (Etiópia, 2000).

Vitaminas, água e sais minerais

Vitaminas são substâncias orgânicas necessárias em quantidades muito pequenas, mas essenciais ao metabolismo. Como nosso organismo não consegue produzi-las, elas têm de ser obtidas da dieta. A maioria das vitaminas atua como fator auxiliar de reações químicas catalisadas por enzimas. Se faltar certa vitamina, a atividade de algumas enzimas fica prejudicada, com consequências negativas para a atividade celular. Doenças resultantes da falta de vitaminas são chamadas **avitaminoses**. Confira as principais avitaminoses e seus sintomas na tabela a seguir. (Tab.10.1)

TABELA 10.1 VITAMINAS E AVITAMINOSES

Vitaminas hidrossolúveis

Vitamina	Principal função no corpo	Sintomas de deficiência	Principais fontes
B_1 (Tiamina)	Auxilia na oxidação dos carboidratos. Estimula o apetite. Mantém o tônus muscular e o bom funcionamento do sistema nervoso. Previne o beribéri.	Perda de apetite, fadiga muscular, nervosismo, beribéri.	Cereais na forma integral e pães, feijão, fígado, carne de porco, ovos, fermento biológico, vegetais de folha (couve, repolho, espinafre etc.).
B_2 (Riboflavina)	Auxilia na oxidação dos alimentos. Essencial à respiração celular. Mantém a tonalidade saudável da pele. Atua na coordenação motora.	Ruptura da mucosa da boca, dos lábios, da língua e das bochechas.	Vegetais de folha (couve, repolho, espinafre etc.), carnes magras, ovos, fermento biológico, fígado, leite.
B_3 (Niacina ou ácido nicotínico)	Mantém o tônus nervoso e muscular e o bom funcionamento do sistema digestório. Previne a pelagra.	Inércia e falta de energia, nervosismo extremo, distúrbios digestivos, pelagra.	Levedo de cerveja, carnes magras, ovos, fígado, leite.
B_5 (Ácido pantotênico)	É componente da coenzima A, participante de processos energéticos celulares.	Anemia, fadiga e dormência dos membros.	Carne, leite e seus derivados, verduras e cereais integrais.
B_6 (Piridoxina)	Auxilia a oxidação dos alimentos. Mantém a pele saudável.	Doenças da pele, distúrbios nervosos, inércia e extrema apatia.	Levedo de cerveja, cereais integrais, fígado, carnes magras, leite.
B_8 (Biotina)	Atua como coenzima em processos energéticos celulares, na síntese de ácidos graxos e de bases nitrogenadas.	Inflamações na pele e distúrbios neuromusculares.	Carnes, legumes, verduras e bactérias da flora intestinal.
B_9 (Ácido fólico)	Importante na síntese das bases nitrogenadas e, portanto, na síntese de DNA e multiplicação celular.	Anemia; esterilidade masculina; na gravidez predispõe a uma malformação do feto conhecida como espinha bífida.	Vegetais verdes, frutas, cereais integrais e bactérias da flora intestinal.
B_{12} (Cianocobalamina)	É essencial para a maturação das hemácias e para a síntese de nucleotídios.	Anemia perniciosa; distúrbios nervosos.	Carne, ovos, leite e seus derivados.
C (Ácido ascórbico)	Mantém a integridade dos vasos sanguíneos e a saúde dos dentes. Previne infecções e o escorbuto.	Inércia e fadiga em adultos, insônia e nervosismo em crianças, sangramento das gengivas, dores nas juntas, dentes alterados, escorbuto.	Frutas cítricas (limão, lima, laranja), tomate, couve, repolho, outros vegetais de folha, pimentão.

Vitaminas lipossolúveis			
Vitamina	**Principal função no corpo**	**Sintomas de deficiência**	**Principais fontes**
A (Retinol)	Necessária para o crescimento normal e para o bom funcionamento dos olhos, do nariz, da boca, das orelhas e dos pulmões. Previne resfriados e várias infecções. Evita a cegueira noturna (xeroftalmia).	Cegueira noturna (xeroftalmia), "olhos secos" em crianças, cegueira total.	Vegetais amarelos (cenoura, abóbora, batata-doce, milho), pêssego, nectarina, abricó, gema de ovo, manteiga, fígado.
D* (Calciferol)	Atua no metabolismo do cálcio e do fósforo. Mantém os ossos e os dentes em bom estado. Previne o raquitismo.	Problemas nos dentes, ossos fracos, contribui para os sintomas da artrite, raquitismo.	Óleo de fígado de bacalhau, fígado, gema de ovo.
E (Tocoferol)	Promove a fertilidade. Previne o aborto. Atua no sistema nervoso involuntário, no sistema muscular e nos músculos involuntários.	Esterilidade masculina, aborto.	Óleo de germe de trigo, carnes magras, laticínios, alface, óleo de amendoim.
K (Filoquinona)	Atua na coagulação do sangue. Previne hemorragias.	Hemorragias.	Vegetais verdes, tomate, castanha.

* A vitamina D não é encontrada pronta na maioria dos alimentos; estes contêm, em geral, um precursor que se transforma em vitamina D quando exposto aos raios ultravioleta da radiação solar. (Elaborada com base em Campbell, N. A. e cols., 1999.)

As vitaminas costumam ser classificadas em hidrossolúveis e lipossolúveis. A importância dessa classificação está relacionada ao modo como as vitaminas devem ser ingeridas e a seu armazenamento no organismo.

Vitaminas hidrossolúveis, assim chamadas por serem substâncias polares e dissolverem-se em água, são armazenadas em quantidades pequenas no corpo e devem ser ingeridas diariamente. **Vitaminas lipossolúveis**, assim chamadas por serem substâncias apolares e dissolverem-se em lipídios e em outros solventes orgânicos, são armazenadas no tecido adiposo e não precisam ser ingeridas diariamente. A ingestão excessiva de certas vitaminas (hipervitaminose) pode ser prejudicial ao organismo. Por exemplo, excesso de vitamina A pode causar pele ressecada, dores articulares e tonturas, entre outros sintomas.

Embora não seja um alimento, a água é fundamental para a maioria das atividades essenciais à vida, como o transporte de substâncias e as reações químicas enzimáticas, que necessitam que as moléculas reagentes estejam dissolvidas em um meio líquido. Por suas propriedades como solvente, a água desempenha papel fundamental nos seres vivos ao dissolver grande variedade de substâncias químicas, como sais, gases, açúcares, aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos.

Nos seres vivos ocorrem ininterruptamente muitos tipos de reações químicas, por meio das quais as células obtêm energia e produzem substâncias necessárias à sua vida; a água participa em muitos desses processos.

Sais minerais são substâncias inorgânicas formadas por íons, muitos dos quais são fundamentais para o bom funcionamento dos seres vivos. A falta de certos minerais pode afetar seriamente o metabolismo e até mesmo causar a morte. Nos vertebrados, por exemplo, os íons de cálcio (Ca^{2+}) participam das reações de coagulação do sangue e da contração muscular, além de serem componentes fundamentais dos ossos. Os íons de magnésio (Mg^{2+}), de manganês (Mn^{2+}) e de zinco (Zn^{2+}), entre outros, participam de reações químicas vitais às células. Os íons de sódio (Na^{+}) e de potássio (K^{+}) são responsáveis, entre outras funções, pelo funcionamento das células nervosas.

Íons inorgânicos, como os fosfatos (PO_4^{3-}) e os carbonatos (CO_3^{2-}), são importantes para o controle da acidez do ambiente interno das células, pois são capazes de neutralizar o excesso de íons H^{+} livres. Muitas reações químicas essenciais à vida somente ocorrem se as condições de acidez forem favoráveis.

Ciência e cidadania

Que alimentos precisamos comer para manter a saúde?

Utilize o texto discutido neste quadro para estimular a reflexão dos alunos sobre suas escolhas alimentares. Muitas pessoas não têm consciência sobre a quantidade de calorias e de alguns nutrientes ingeridos, sendo importante fazer um diário alimentar, como sugerido em *Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo* no **Suplemento para o professor.**

1 Ser responsável pela própria dieta; conhecer os alimentos que nos fazem bem e outros que devem ser evitados; equilibrar a dieta em função de nossas preferências e necessidades. Essas atitudes são, sem dúvida, parte importante do exercício de cidadania, uma vez que permitem ter uma visão mais crítica sobre os alimentos que nos são oferecidos, seja pelas indústrias, em casa ou na merenda escolar. A partir daí, podemos promover mudanças, seja conversando com a família sobre o que eles comem, seja deixando de consumir determinado produto.

Nutrição e necessidades energéticas

2 O organismo humano precisa receber um fornecimento constante de energia para manter suas atividades vitais. A energia que supre nossas necessidades metabólicas é obtida por meio da **respiração celular**, processo em que moléculas orgânicas são oxidadas, liberando grande parte da energia que contêm.

3 A energia contida nos alimentos costuma ser medida em quilocalorias (kcal). Um grama de gordura, por exemplo, é capaz de liberar, durante a respiração celular, uma quantidade de energia equivalente a 9,5 kcal. Um grama de glicídio ou de proteína, por sua vez, libera bem menos, em torno de 4 kcal.

4 A quantidade de energia que uma pessoa em repouso gasta para manter suas atividades vitais é sua **taxa metabólica basal**. A quantidade de energia necessária à realização de todas as atividades do organismo constitui a **taxa metabólica total**. Essas taxas são expressas em calorias consumidas por unidade de tempo.

5 A taxa metabólica basal é semelhante em indivíduos de mesmo sexo e de mesma faixa etária. A taxa metabólica total, entretanto, varia de acordo com as características e o grau de atividade de cada um. A taxa metabólica basal de uma pessoa jovem é cerca de 1.600 kcal por dia. A taxa metabólica total pode estar em torno de 2.000 kcal por dia, se a pessoa tiver vida sedentária, ou em mais de 6.000 kcal por dia, se ela for um atleta ou trabalhador braçal.

Reservas energéticas

6 Parte das moléculas orgânicas que ingerimos é convertida inicialmente em glicose e, em seguida, em glicogênio, polissacarídio constituído por centenas de moléculas de glicose unidas. O glicogênio é armazenado nas células dos músculos e do fígado. Uma pessoa bem alimentada geralmente armazena glicogênio para suprir suas necessidades energéticas de um dia. Excessos de oferta de nutrientes são transformados em gordura e armazenados no tecido adiposo.

7 Uma dieta pobre leva o organismo a consumir suas substâncias de reserva. Em primeiro lugar utiliza o glicogênio; quando este se esgota, o organismo passa a utilizar a gordura armazenada nas células adiposas. Uma pessoa bem alimentada tem estoque de gorduras suficiente para algumas semanas.

8 Nossa massa corporal se mantém estável se a quantidade de calorias ingeridas for aproximadamente igual à quantidade de calorias despendida no mesmo período. Se a ingestão de calorias for superior às necessidades energéticas, engordaremos. Se ingerirmos menos calorias do que necessitamos, emagreceremos. Um excesso de 10 kcal (cerca de 2 g de açúcar) por dia acima da necessidade energética causa um aumento de massa corporal da ordem de 1 quilograma ao final de um ano.

Dieta protetora e dieta balanceada

9 A quantidade mínima de alimentos necessários a uma pessoa adulta deve fornecer 1.300 kcal/dia, em média. Essa dieta calórica mínima é denominada **dieta protetora**; se a pessoa ingerir menos calorias que esse limite, tenderá a apresentar sintomas de subnutrição.

10 Além do conteúdo energético, a dieta deve fornecer também os diferentes tipos de nutrientes essenciais ao bom funcionamento do organismo. Chama-se **dieta balanceada** a combinação de alimentos que fornece a uma pessoa adulta a quantidade de energia de que ela necessita — em torno de 3.000 kcal/dia — distribuída entre 50% a 60% de glicídios, 25% a 35% de gorduras e 15% a 25% de proteínas.

11 A dieta balanceada varia em composição e em valor calórico de acordo com a idade e o grau de atividade da pessoa. A boa nutrição consiste em combinar variedade e quantidade adequadas de alimentos à idade e ao grau de atividade física de cada um.

12 Embora os conhecimentos básicos e o bom senso sejam suficientes para que uma pessoa saiba alimentar-se bem, nutricionistas e médicos são os profissionais mais capacitados para orientar a dieta de pessoas que estão muito acima ou muito abaixo da massa corporal, apresentando um possível indício de uma alimentação inadequada.

TAGSTOCK1/SHUTTERSTOCK

ZDENEK FIAMOLI/SHUTTERSTOCK

A. Exemplos de ingredientes de uma dieta balanceada. **B.** O aleitamento materno, além de fornecer uma dieta balanceada à criança, evita infecções intestinais e confere imunidade contra diversas doenças infecciosas.

Aproveite para discutir com os alunos sobre a febre das dietas alimentares restritivas (com objetivo de perder peso) e a forma como são divulgadas (revistas, entrevistas com pessoas famosas na mídia, pessoas do convívio diário etc.). Estimule a reflexão sobre os tipos diferentes de dietas e se elas constituem um hábito saudável. Discuta como os jovens são constantemente bombardeados com a ideia de que há um “físico ideal”, geralmente identificado como um corpo magro para as mulheres e com os músculos hipertrofiados e bem definidos para os homens. Reforce que a saúde deve estar acima de padrões estéticos da moda e que dietas sem orientação especializada podem ser perigosas à saúde.

Guia de leitura

Responda em seu caderno

1 Releia o primeiro parágrafo. Quais são, segundo o texto, atitudes importantes de todo cidadão consciente com relação à alimentação?

2 O segundo parágrafo trata da respiração celular. Relembre esse processo, pesquisando sobre ele se necessário. Em que organela celular a respiração ocorre?

3 No terceiro parágrafo é mencionada a unidade em que se costuma medir a energia dos alimentos. Se tiver oportunidade, consulte seu professor de Física sobre o significado físico dessa e de outras unidades de medida de energia. Informe-se no parágrafo sobre a relação entre a quantidade de energia potencialmente armazenada em lipídios, glicídios e proteínas.

4 O quarto parágrafo aborda os conceitos de taxa metabólica basal e taxa metabólica total. O que significa cada uma delas?

5 Releia o quinto parágrafo e responda: que fatores afetam a taxa metabólica total?

6 No sexto parágrafo é citado um polissacarídio armazenado no fígado e essencial ao metabolismo. Qual é esse polissacarídio? O que acontece se houver excesso dessa substância?

7 O sétimo parágrafo aborda as consequências da ingestão de uma dieta pobre em calorias. Como as substâncias de reserva do organismo são utilizadas nesse caso?

8 Releia o oitavo parágrafo e resuma, em poucas palavras, sua ideia central.

9 O nono parágrafo apresenta o conceito de dieta protetora. Enuncie-o.

10 No décimo parágrafo é apresentado o conceito de dieta balanceada. Analise a foto **A** e, em seguida, explique o que significa uma dieta balanceada. Você acha que sua alimentação aproxima-se desse conceito?

11 De acordo com o parágrafo 11, em que consiste uma boa nutrição? Que fatores precisam ser levados em conta para uma dieta saudável?

12 Informe-se, no décimo segundo parágrafo, sobre os profissionais a serem consultados para se obter orientação específica sobre nutrição em caso de necessidade. Escreva um pequeno texto sobre seu tipo de alimentação, seus alimentos preferidos, seus gastos energéticos nas atividades diárias etc.

Organização do sistema digestório e a digestão dos alimentos

O **sistema digestório** é comparável a uma linha de "desmontagem" dos alimentos, que permite extrair deles seus diversos nutrientes. A digestão humana inicia-se na boca, com o trabalho de mastigação e a ação das enzimas da saliva; o processo continua no trajeto pelo tubo digestório, encerrando-se no intestino, onde ocorre a maior parte da absorção dos produtos úteis gerados no processo digestivo. (Fig. 10.2)

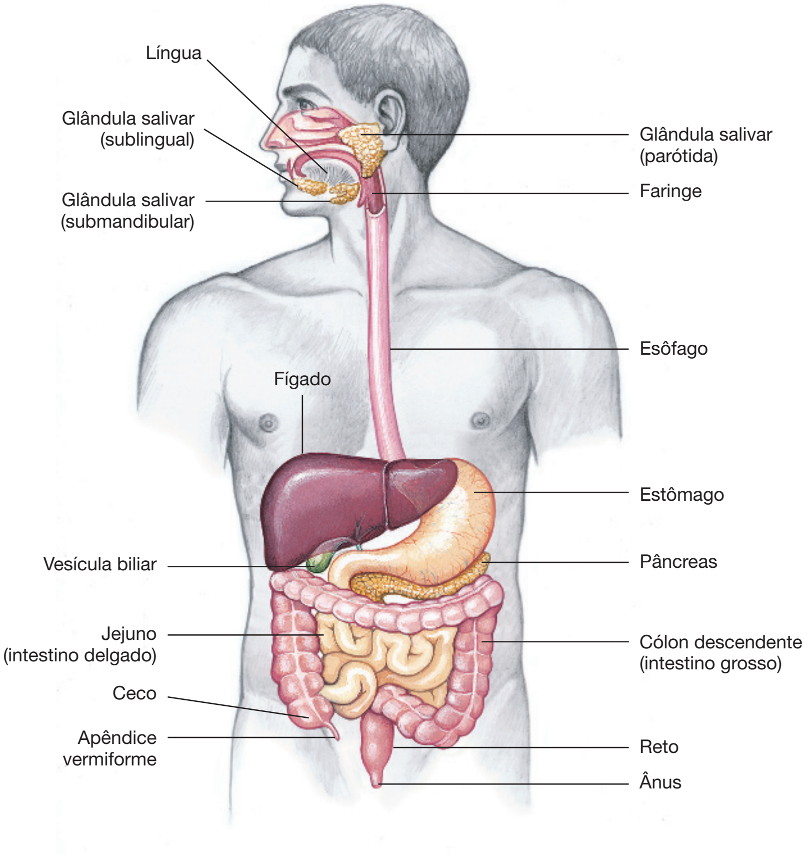

Língua
Glândula salivar (sublingual)
Glândula salivar (submandibular)
Glândula salivar (parótida)
Faringe
Esôfago
Fígado
Estômago
Vesícula biliar
Pâncreas
Jejuno (intestino delgado)
Cólon descendente (intestino grosso)
Ceco
Apêndice vermiforme
Reto
Ânus

ILUSTRAÇÃO: JURANDIR RIBEIRO

Figura 10.2 Representação esquemática dos componentes do sistema digestório humano, composto pelo trato digestório, um tubo com cerca de 9 metros de comprimento, e por glândulas associadas, como as glândulas salivares, o pâncreas e o fígado. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Digestão na boca e deglutição

A abertura de entrada do tubo digestório é a **boca**, onde se localizam os dentes e a língua, que preparam o alimento para a digestão, triturando-o e misturando-o com saliva, uma solução aquosa de consistência viscosa, produzida pelas **glândulas salivares**. A saliva contém a enzima amilase salivar, que inicia o processo digestivo. (Fig. 10.3)

A saliva contribui para manter o grau de acidez (pH) na boca próximo do neutro, em torno de 6,7, ideal para a ação da **amilase salivar**. Essa enzima, também chamada **ptialina**, quebra moléculas de amido e de glicogênio em fragmentos menores, originando o dissacarídio maltose.

Após algum tempo de mastigação, o bolo alimentar é empurrado pela língua para o fundo da faringe, de onde segue para o esôfago. Nesse processo, conhecido como **deglutição**, entra em ação um mecanismo que fecha a laringe, evitando que o alimento engolido penetre nas vias respiratórias.

O **esôfago** é um tubo relativamente fino e de paredes musculosas que atravessa o **diafragma**, membrana musculosa que separa o tórax do abdome. Logo após atravessar o diafragma, o esôfago liga-se ao estômago. Ao longo do esôfago, o bolo alimentar é impulsionado por movimentos rítmicos de contração da musculatura da parede esofágica, **as ondas peristálticas**, ou **peristaltismo**.

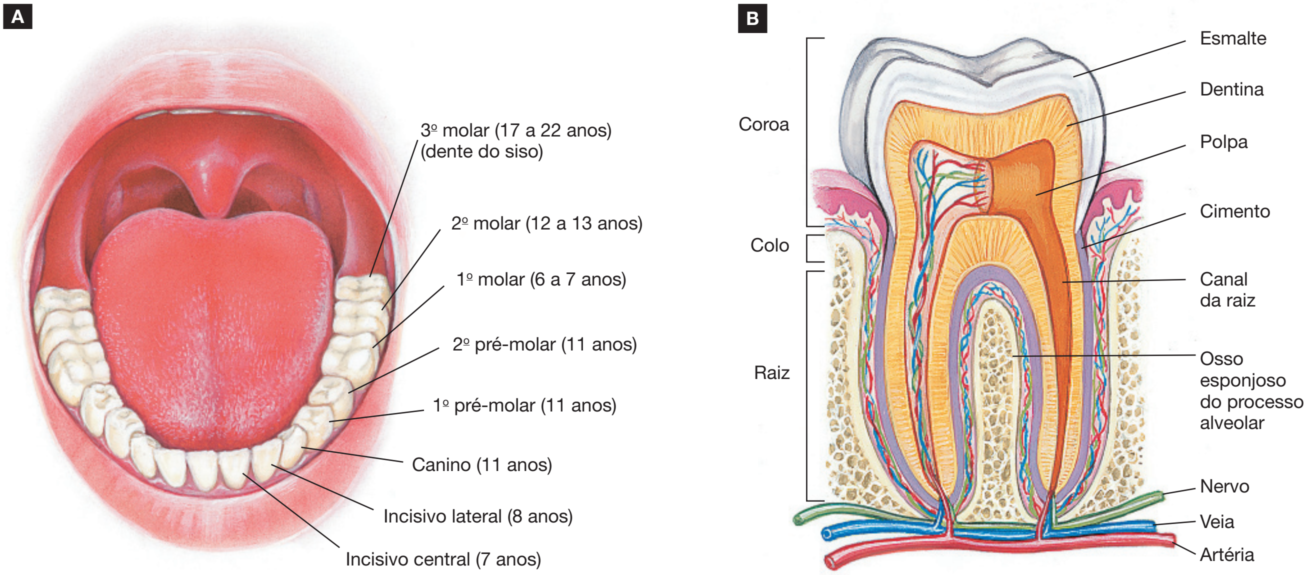

A
3º molar (17 a 22 anos)
(dente do siso)
2º molar (12 a 13 anos)
1º molar (6 a 7 anos)
2º pré-molar (11 anos)
1º pré-molar (11 anos)
Canino (11 anos)
Incisivo lateral (8 anos)
Incisivo central (7 anos)
B
Coroa
Colo
Raiz
Esmalte
Dentina
Polpa
Cimento
Canal
da raiz
Osso
esponjoso
do processo
alveolar
Nervo
Veia
Artéria

Figura 10.3 A. Representação esquemática da boca humana com identificação dos dentes que compõem a dentição permanente (a mesma identificação vale para a metade esquerda e para a arcada superior). Ao lado de cada tipo de dente está indicada a idade aproximada em que ele nasce. **B.** Representação esquemática de um dente molar, em corte, para mostrar sua estrutura interna. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Digestão no estômago

O **estômago** é uma bolsa de parede músculo-membranosa, localizada no lado esquerdo superior do abdome, logo abaixo das últimas costelas. A comunicação do esôfago com o estômago é feita por meio de um orifício cuja abertura é controlada por um anel de musculatura lisa, o esfíncter esofágico inferior. Quando a musculatura desse esfíncter relaxa, o orifício se abre e permite a passagem do bolo alimentar para o estômago. (Fig. 10.4)

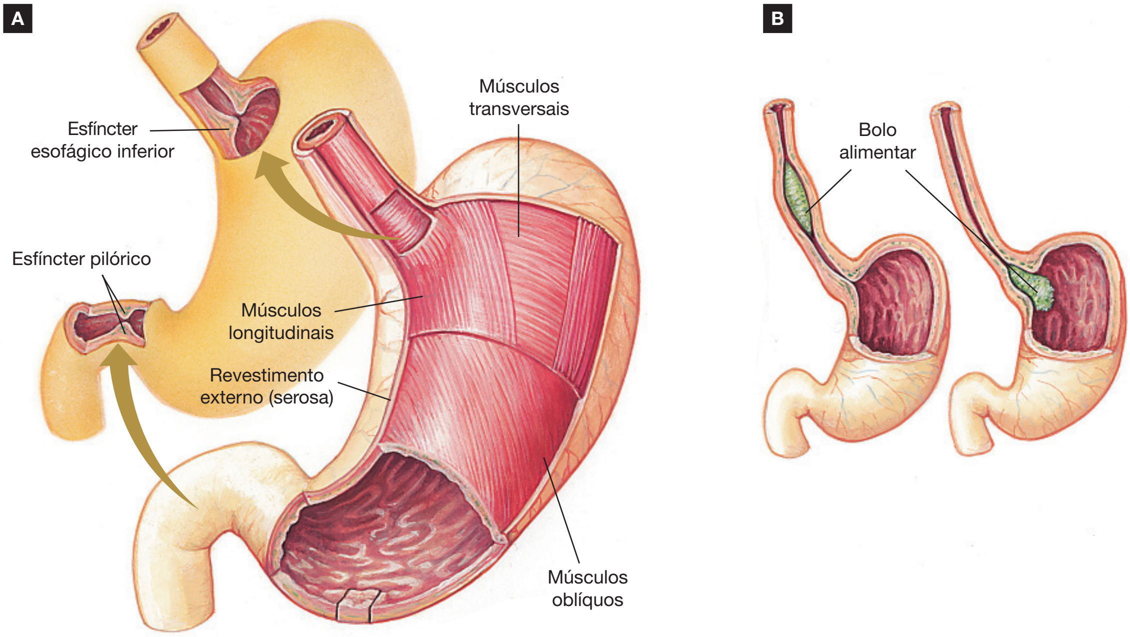

A
Esfíncter
esofágico inferior
Músculos
transversais
Esfíncter pilórico
Músculos
longitudinais
Revestimento
externo (serosa)
Músculos
oblíquos
B
Bolo
alimentar

Figura 10.4 A. Representação esquemática do estômago humano parcialmente cortado, mostrando a musculatura e detalhes dos esfíncteres. **B.** Percurso do bolo alimentar no esôfago. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

O epitélio do estômago apresenta **glândulas estomacais**, que secretam ácido clorídrico, enzimas e muco. Em conjunto, essas substâncias compõem o **suco gástrico**.

A principal enzima do suco gástrico é a **pepsina**, que digere proteínas, quebrando-as em cadeias menores de aminoácidos (peptídios). Ela atua no ambiente ácido do estômago, onde o pH se mantém em torno de 2 devido à presença de ácido clorídrico (HCl). (Fig. 10.5)

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

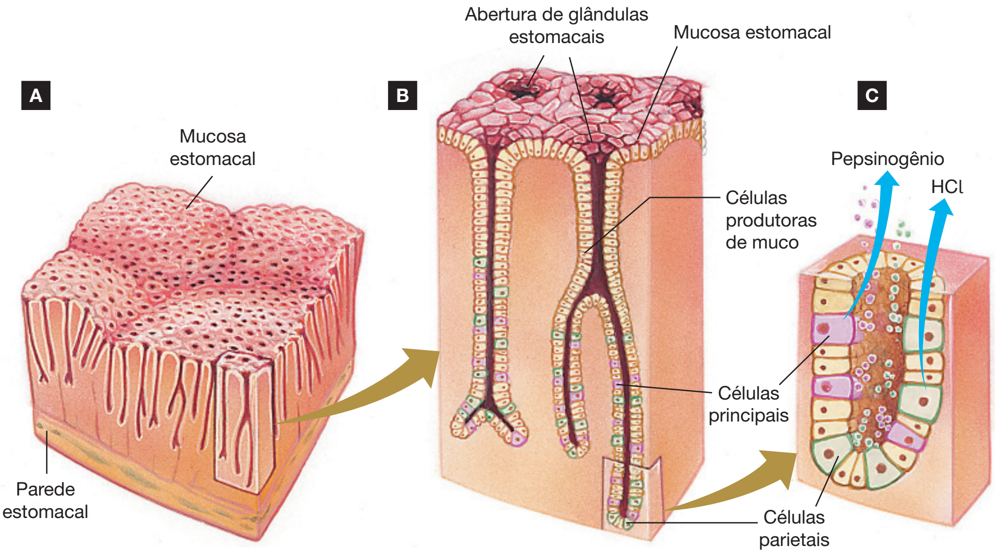


Figura 10.5 Representações esquemáticas de cortes de estômago humano, em diferentes ampliações. **A.** Aspecto da superfície interna do estômago. **B.** Mucosa estomacal mostrando algumas glândulas. **C.** Células parietais secretoras de ácido clorídrico e células principais secretoras de pepsinogênio, a forma inativa da pepsina, que se transforma em pepsina por ação do ácido clorídrico, ou de pepsina já ativada. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

O alimento permanece no estômago geralmente de uma a quatro horas, transformando-se em uma massa acidificada e semilíquida denominada **quimo**. À medida que a digestão ocorre, o conteúdo estomacal passa aos poucos para o intestino delgado. Essa passagem é controlada pelo esfíncter pilórico, que controla a abertura e o fechamento do orifício de comunicação entre estômago e intestino.

Digestão no intestino delgado

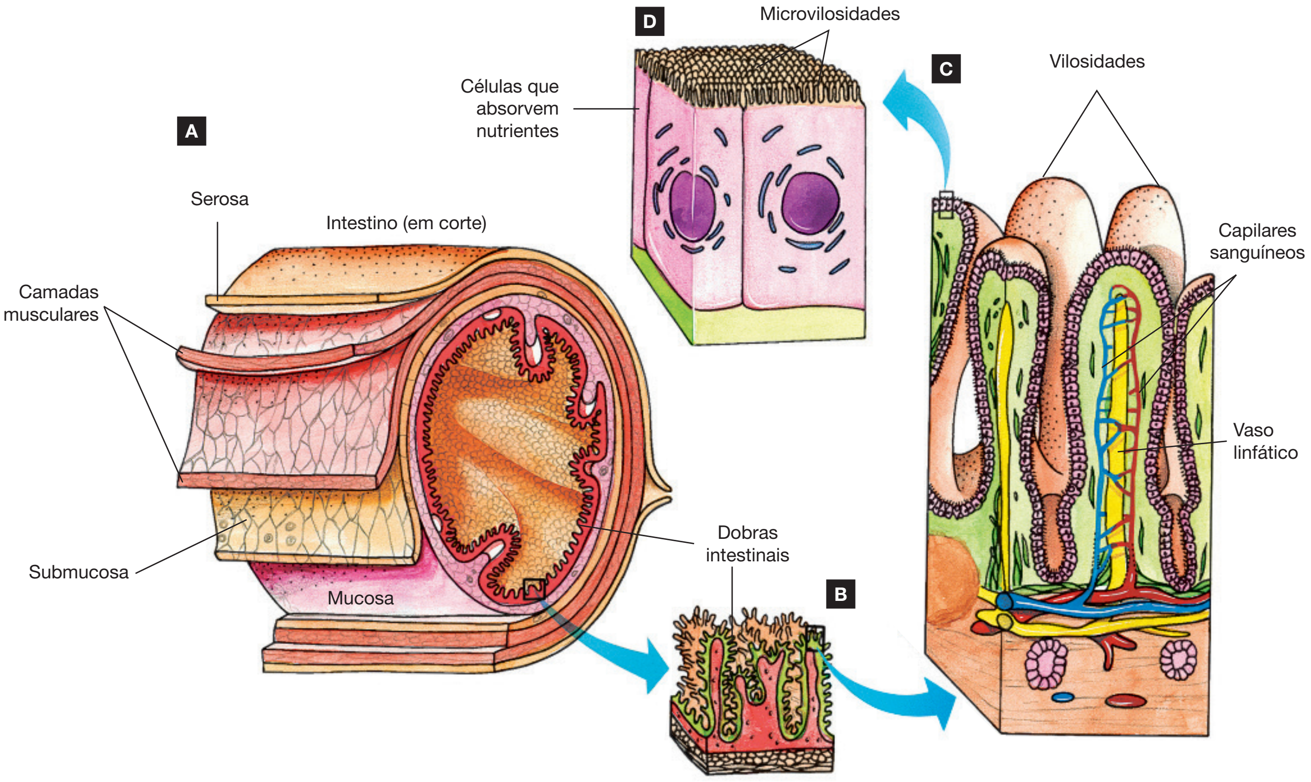
O **intestino delgado** é um tubo com pouco mais de 6 m de comprimento por 4 cm de diâmetro, com três regiões diferenciadas que se sucedem na seguinte ordem: o **duodeno**, adjacente ao estômago, com cerca de 25 cm; o **jejuno**, com cerca de 4,5 m; e o **íleo**, com cerca de 1,5 m. No duodeno, desemboca a ampola hepatopancreática, resultante da união entre o ducto colédoco, que traz secreções do fígado, e o ducto pancreático, que traz secreções do pâncreas.

A digestão do quimo ocorre predominantemente no duodeno e nas primeiras porções do jejuno. Milhares de pequenas glândulas da mucosa intestinal produzem o **suco entérico**, ou suco intestinal, que contém diversas enzimas. No duodeno também atua o **suco pancreático**, uma solução alcalina e rica em enzimas digestivas, produzida pelo pâncreas. A alcalinidade do suco pancreático deve-se à presença de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$), que neutraliza a acidez do quimo e eleva o pH do conteúdo intestinal a valores em torno de 8 a 8,5. Essa condição alcalina é necessária para a atuação das enzimas dos sucos intestinal e pancreático.

Outra secreção que atua no duodeno é a **bile**, um líquido de cor esverdeada e sem enzimas digestivas, produzida pelo fígado e armazenada na vesícula biliar. Os **sais biliares** emulsionam lipídios, isto é, quebram gotas de gorduras em gotículas microscópicas, o que facilita a ação da lipase pancreática presente no suco pancreático.

Depois das transformações enzimáticas promovidas pelos sucos entérico e pancreático, o quimo transforma-se em um líquido esbranquiçado, denominado **quilo**.

A superfície interna do intestino delgado é intensamente pregueada, com milhões de pequenas dobras, as **vilosidades intestinais**. As próprias células do epitélio intestinal têm membranas pregueadas, com dobras microscópicas denominadas **microvilosidades**. Os nutrientes resultantes da digestão dos alimentos são absorvidos por essas células e transferidos para a circulação sanguínea adjacente, que se encarrega de distribuir as substâncias para todas as células do corpo. Restos não absorvidos passam para o intestino grosso. (Fig. 10. 6 e Tab. 10.2)



ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Figura 10.6 Representações esquemáticas da estrutura da parede do intestino delgado. **A.** Camadas de tecidos que formam a parede intestinal. **B.** Detalhe das dobras da mucosa intestinal. **C.** Detalhes das vilosidades intestinais. **D.** Detalhe de células do epitélio intestinal, mostrando as microvilosidades. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

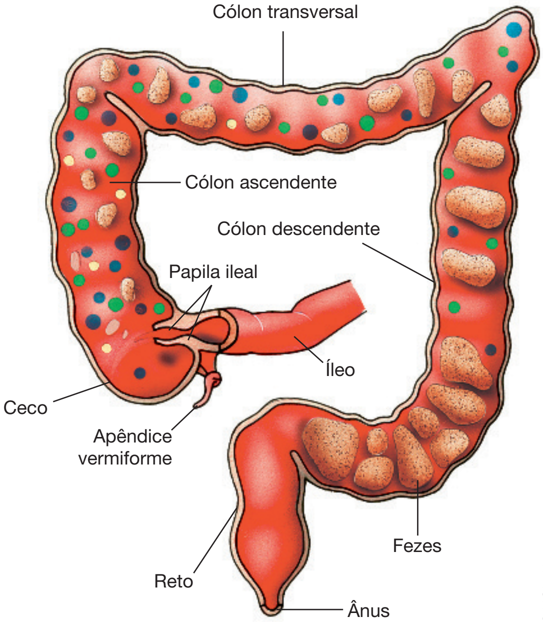
TABELA 10.2 PRINCIPAIS ENZIMAS DIGESTIVAS HUMANAS

Suco digestivo	Enzimas	pH ótimo	Substratos	Produtos
Saliva	Amilase salivar	Neutro	Polissacarídios	Maltose e glicose
Suco gástrico	Pepsina Renina	Ácido Ácido	Proteínas Caseína solúvel	Peptonas Caseína insolúvel
Suco pancreático	Quimotripsina Tripsina Amilopsina Ribonuclease Desoxirribonuclease Lipase Carboxipeptidase Aminopeptidase	Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino	Proteínas e peptonas Proteínas e peptonas Polissacarídios RNA DNA Lipídios Oligopeptídios Oligopeptídios	Oligopeptídios Oligopeptídios Maltose e glicose Nucleotídios Nucleotídios Ácidos graxos e glicerol Aminoácidos Aminoácidos
Suco entérico	Dipeptidase Maltase Sacarase Lactase a-Aminopeptidase Glicoamilase	Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino	Dipeptídios Maltose Sacarose Lactose Dipeptídios, tripeptídios e oligopeptídios Oligossacarídios	Aminoácidos Glicose Glicose e frutose Glicose e galactose Aminoácidos Monossacarídios

Funções do intestino grosso

O **intestino grosso** de uma pessoa adulta mede cerca de 1,5 m de comprimento e entre 6 e 7 cm de diâmetro. Os resíduos inaproveitados de uma refeição levam cerca de nove horas para chegar ao intestino grosso, onde permanecem, em média, por um a três dias. Durante essa permanência, boa parte da água e dos sais do conteúdo intestinal é absorvida e há intensa proliferação de bactérias. Na região final do colo, os resíduos são transformados em **fezes**, com aproximadamente 75% de água e 25% de matéria sólida. A cor escura das fezes deve-se à presença de pigmentos provenientes da bile.

Cerca de 70% da parte sólida das fezes são sais, fibras de celulose e outros componentes não digeridos; os 30% restantes compõem-se de bactérias. A presença desses microrganismos, que constituem a chamada **flora intestinal**, ajuda a evitar a proliferação de bactérias patogênicas, que poderiam causar doenças; além disso, os microrganismos da flora intestinal produzem substâncias úteis ao organismo humano, como as vitaminas K, B_{12}, tiamina e riboflavina, entre outras.



SIMONKA

Figura 10.7 Representação esquemática do intestino grosso em corte, mostrando a papila ileal, ou valva ileocecal, que controla a passagem do conteúdo do intestino delgado para o intestino grosso. (Elementos fora de proporção entre si; cores-fantasia.)

O reto é a parte final do intestino grosso e fica geralmente vazio, enchendo-se de fezes apenas pouco antes da defecação. A distensão provocada pela presença de fezes no reto estimula terminações nervosas e leva ao relaxamento involuntário do esfíncter mais interno do ânus, constituído por musculatura lisa. O esfíncter anal mais externo, constituído por musculatura estriada, é controlado voluntariamente. A contração da musculatura abdominal, combinada ao relaxamento dos esfíncteres, permite a expulsão das fezes, a defecação. (Fig. 10.7)

Funções do pâncreas e do fígado

O **pâncreas** é uma glândula com cerca de 15 cm de comprimento, formato triangular e alongado, localizada sob o estômago, na alça do duodeno. As células pancreáticas secretoras de enzimas formam pequenas bolsas – os **ácinos pancreáticos** –, das quais partem finos ductos secretores que se fundem formando o ducto pancreático. O ducto pancreático se junta ao ducto colédoco, proveniente do fígado, formando a ampola hepatopancreática, que desemboca no duodeno.

Dispersos entre os ácinos pancreáticos há pequenos grupos de células – as **ilhotas pancreáticas**, ou ilhotas de Langerhans – que produzem dois importantes hormônios – a insulina e o glucagon – responsáveis pelo controle do nível de açúcar no sangue, como veremos no capítulo 11.

O **fígado** é um dos maiores e mais importantes órgãos de nosso corpo. Tem aproximadamente 1,5 kg, cor marrom-avermelhada e localiza-se no lado direito do abdome, na altura das últimas costelas, imediatamente abaixo do diafragma. O fígado produz a **bile**, um líquido esverdeado que fica temporariamente armazenado em uma bolsa oval denominada **vesícula biliar**, encaixada sob o fígado. Da vesícula parte o ducto colédoco, mencionado anteriormente.

Além de atuar na digestão, a bile contém substâncias que devem ser eliminadas do corpo: substâncias provenientes da degradação de drogas e medicamentos, excesso de colesterol e bilirrubina, substância amarelada resultante principalmente da degradação da hemoglobina de hemácias fora de função.

Outras funções do fígado são: armazenar o excesso de glicose na forma de glicogênio, ou convertê-lo em gordura, armazenando-o no próprio fígado ou em tecidos adiposos; transformar a amônia produzida no metabolismo celular em uma substância menos tóxica, a ureia, excretada na urina; sintetizar colesterol e proteínas importantes para a coagulação do sangue, como a protrombina e o fibrinogênio.

Ciência e cidadania

Cuidando do sistema digestório

1 Quem nunca teve enjoo, dor de estômago, vômito, diarreia ou prisão de ventre? A maioria das disfunções digestivas é evitável, inclusive algumas mais sérias, como as gastrites, colites, úlceras pépticas, entre outras. A principal atitude preventiva de doenças digestivas é manter uma alimentação correta e saudável.

2 Como regra geral, deve-se dar preferência a alimentos frescos e naturais, evitando-se, sempre que possível, alimentos processados, como os embutidos e enlatados. Os alimentos frescos têm mais nutrientes e não têm conservantes e aditivos que podem prejudicar a saúde. Verduras, legumes e frutas devem sempre estar incluídos no cardápio diário; esses alimentos, além dos nutrientes e vitaminas, têm fibras que estimulam o peristaltismo. Alimentos frescos devem ser lavados cuidadosamente antes do consumo, para reduzir a presença de resíduos de pesticidas e eventuais organismos patogênicos.

3 Outro cuidado importante é não exagerar na ingestão de alimentos gordurosos, principalmente os de origem animal, como carnes gordas de porco e de boi, toucinhos, torresmos e manteiga.

4 Em uma dieta balanceada, cerca de 60% dos alimentos consumidos devem ser cereais, grãos, legumes, verduras e frutas. Convém dar preferência às carnes magras e não abusar dos lipídios. Se tiver oportunidade, consulte um nutricionista sobre os princípios de uma alimentação saudável. Fique atento às reações que seus hábitos alimentares provocam no seu organismo e utilize esses conhecimentos para escolher a dieta mais favorável às suas necessidades. Lembre-se de que o principal responsável pela qualidade de sua alimentação é você mesmo.

5 Além dos hábitos alimentares, há outros fatores que afetam o sistema digestório. Doenças como gastrites e úlceras podem ser fortemente influenciadas pelo sistema nervoso. Estresse emocional causado por nervosismo, ansiedade e depressão pode contribuir para diversas alterações das funções digestórias. Manter-se tranquilo e calmo, principalmente no momento das refeições, ajuda a conservar as funções normais.

Conhecendo e prevenindo doenças digestivas

6 **Cáries dentárias –** Certas bactérias que vivem na boca humana alimentam-se dos restos de comida que ficam entre os dentes. Na presença de açúcar, essas bactérias multiplicam-se rapidamente, aderindo aos dentes e formando as chamadas placas bacterianas. As bactérias das placas produzem ácidos que corroem o esmalte dental, causando cáries. Para prevenir as cáries dentárias, deve-se evitar o consumo excessivo de alimentos ricos em açúcar e manter os dentes sempre limpos, por meio da escovação e do uso de fio dental. Além disso, deve-se consultar regularmente um dentista, que pode indicar a melhor forma de cuidar da higiene bucal e de tratar eventuais problemas dentários.

7 **Infecções intestinais –** Os alimentos e a água que ingerimos podem estar contaminados com vírus, bactérias ou protozoários patogênicos. Apesar de a saliva conter substâncias bactericidas e de o suco gástrico destruir a maior parte dos microrganismos ingeridos, alguns deles podem sobreviver e se multiplicar, causando infecções intestinais. Bactérias como as salmonelas, eventualmente encontradas em carnes de frango e em ovos malcozidos, podem se proliferar no intestino e provocar dores abdominais intensas, diarreias e febre. Infecções intestinais são comuns em locais sem saneamento básico, com falta de sistema de coleta de esgoto e de fornecimento de água tratada. Doenças como a cólera e a febre tifoide causam epidemias com altos índices de mortalidade em consequência da desidratação e da perda de sais, decorrentes da diarreia. O tratamento é feito com antibióticos e administração de soluções salinas.

8 **Vômito, diarreia e prisão de ventre –** Quando comemos ou bebemos demais, ou quando a comida está contaminada, nosso sistema nervoso pode desencadear uma operação de emergência: o vômito. Contrações violentas da musculatura abdominal e do estômago fazem o conteúdo estomacal subir pelo esôfago e sair pela boca. O gosto ácido, característico do vômito, deve-se ao suco gástrico que está misturado ao alimento. A diarreia é caracterizada por defecações frequentes, provocadas pelo aumento dos movimentos peristálticos intestinais. Trata-se de um processo de eliminação rápida do conteúdo intestinal e pode ocorrer por diversas causas, como a ingestão de alimento estragado, nervosismo ou alergia a certos tipos de substância alimentar. Com o trânsito intestinal acelerado, não há tempo para a absorção normal da água, ▶

o que resulta em fezes liquefeitas. Apesar de ser um processo de defesa do corpo, a diarreia continuada leva à perda de água e de sais, com consequente desidratação. Na prisão de ventre, ou constipação intestinal, os movimentos peristálticos ficam diminuídos, ao contrário do que ocorre na diarreia. O trânsito intestinal mais lento leva a um ressecamento progressivo da massa fecal, dificultando a defecação. A causa mais frequente desse distúrbio é a alimentação inadequada, com poucas fibras vegetais. Na maioria dos casos, a prisão de ventre pode ser aliviada pela ingestão de alimentos ricos em fibras não digeríveis, que aumentam o volume da massa alimentar, estimulando o peristaltismo e acelerando o trânsito intestinal. Em casos mais sérios, os médicos costumam indicar o uso de medicamentos laxantes, que estimulam os movimentos intestinais e a defecação.

9 **Úlceras pépticas –** Apesar de serem protegidas por uma camada de muco, as células da superfície interna do estômago e do duodeno frequentemente entram em contato com o suco gástrico, que é corrosivo. Em certas situações, áreas da parede dessas regiões do tubo digestório podem ser lesadas pela ação do suco gástrico, originando feridas denominadas úlceras pépticas. As úlceras podem ser decorrentes da produção excessiva de ácido clorídrico pelo estômago, o que é comum em pessoas emocionalmente estressadas, ou da baixa resistência da mucosa, o que ocorre devido ao uso excessivo de bebidas alcoólicas ou de medicamentos, como o ácido acetilsalicílico, por exemplo. Recentemente, descobriu-se que um dos principais causadores da úlcera péptica é a bactéria *Helicobacter pylori*. É provável que essa bactéria se instale preferencialmente em pessoas com a resistência diminuída devido ao estresse ou a maus hábitos alimentares. Úlceras podem ser tratadas com medicamentos que diminuem a acidez estomacal e facilitam a cicatrização. Após a identificação da bactéria *H. pylori* como uma das principais causas da úlcera, muitos tratamentos passaram a incluir antibióticos. No caso de áreas ulceradas muito extensas, pode ser necessária a remoção cirúrgica da parte lesada.

Guia de leitura

Responda em seu caderno

1. Releia o parágrafo inicial, que menciona algumas disfunções comuns do sistema digestório. Você já teve (ou conhece alguém que teve) alguma dessas disfunções? Escreva comentários sobre isso.
2. No segundo parágrafo, é enfatizada a importância de consumir alimentos frescos e naturais e de incluir verduras, legumes e frutas no cardápio diário. Escreva um pequeno texto descrevendo e comentando seus hábitos de consumo quanto a esses alimentos.
3. Releia o terceiro parágrafo do quadro, que comenta sobre os alimentos gordurosos de origem animal e os riscos de seu consumo excessivo para a saúde. Comente alguns de seus hábitos (e eventualmente os de pessoas conhecidas) em relação a esse tipo de alimento.
4. O parágrafo de número 4 apresenta alguns princípios para uma dieta saudável. De acordo com o texto, como você avaliaria seus hábitos de nutrição?
5. O quinto parágrafo comenta que o estado emocional é capaz de influenciar o sistema digestório. Você já notou isso, ou já ouviu falar sobre esse fato? Escreva seus comentários a respeito.
6. O parágrafo de número 6 traz algumas informações sobre as cáries dentárias. Escreva um texto opinativo que justifique a importância, em vários aspectos da vida, de atuarmos positivamente para a saúde de nossos dentes e boca.
7. No sétimo parágrafo do quadro há informações sobre infecções intestinais. Escreva um pequeno texto sobre como prevenir esses distúrbios.
8. O oitavo parágrafo aborda reações orgânicas, como o vômito, a diarreia e a prisão de ventre. Comente o que achou mais relevante nesse trecho.
9. Depois de ler o último parágrafo do quadro, sobre úlcera péptica, você pode imaginar alguma maneira de prevenir esse tipo de doença? Escreva a respeito.
10. Há ainda outra disfunção digestiva que não foi comentada no quadro: os cálculos vesiculares, popularmente chamados de “pedras” na vesícula biliar. Faça uma pesquisa sobre essa doença e responda: Qual é a sua origem? Como ela pode ser prevenida e tratada atualmente?

10.2 Respiração

Boa parte dos nutrientes orgânicos que assimilamos é utilizada pelas células para gerar a energia necessária aos processos vitais; isso ocorre principalmente por meio da respiração celular. Esse processo, também chamado **respiração aeróbica**, ocorre nas mitocôndrias presentes no citoplasma das células. No interior dessas organelas, substâncias orgânicas reagem com gás oxigênio e liberam energia, que é armazenada temporariamente em moléculas de ATP. Os produtos da respiração aeróbica são a água e o gás carbônico; a água pode ser reutilizada pela célula, já o gás carbônico é eliminado e passa para o sangue.

O gás carbônico que os tecidos corporais eliminam no sangue, ao chegar aos pulmões, é expelido do corpo e passa para o ar atmosférico. Nesses órgãos, o sangue se abastece de gás oxigênio, que será levado até as células para suprir a respiração aeróbica. As trocas gasosas entre o ar atmosférico e o sangue nos pulmões constituem a **respiração pulmonar**; o conjunto de órgãos que atuam diretamente nesse processo constitui o sistema respiratório.

Organização do sistema respiratório

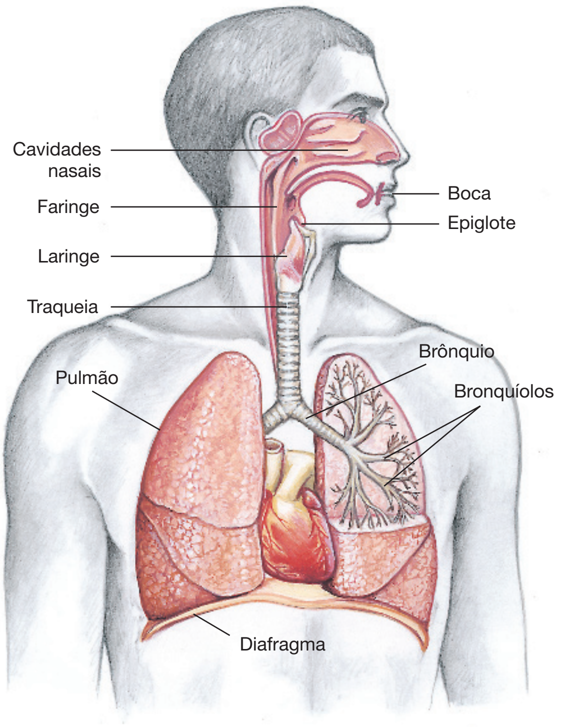
O **sistema respiratório humano** compõe-se das cavidades nasais, da boca, da faringe, da laringe, da traqueia, dos brônquios, dos bronquíolos e dos alvéolos pulmonares. Os bronquíolos e os alvéolos formam os pulmões. (Fig. 10.8)

As **cavidades nasais** são dois condutos paralelos que começam nas narinas e terminam na faringe. Nas cavidades nasais há células sensoriais, responsáveis pelo sentido do olfato, e células produtoras de muco, cuja função é umedecer as vias respiratórias e reter partículas e bactérias presentes no ar que inspiramos, atuando como um filtro. Células das cavidades nasais produzem diariamente cerca de meio litro de muco, que escorre para o fundo da garganta e é engolido com a saliva.

Nas cavidades nasais, o ar inspirado é filtrado, umedecido e aquecido; por isso é importante respirar sempre pelo nariz, principalmente no inverno. Quando respiramos pela boca, nossas vias respiratórias ressecam e resfriam, tornando-se mais suscetíveis a infecções e inflamações.

Ao inspirarmos, o ar entra pelas narinas, passa pelas cavidades nasais, pela faringe e chega à **laringe**, estrutura tubular com reforços cartilaginosos localizada no pescoço. Uma das partes cartilaginosas da laringe é a proeminência laríngea, popularmente conhecida como pomo de adão, que forma uma saliência na parte anterior do pescoço, mais desenvolvida nos homens que nas mulheres.

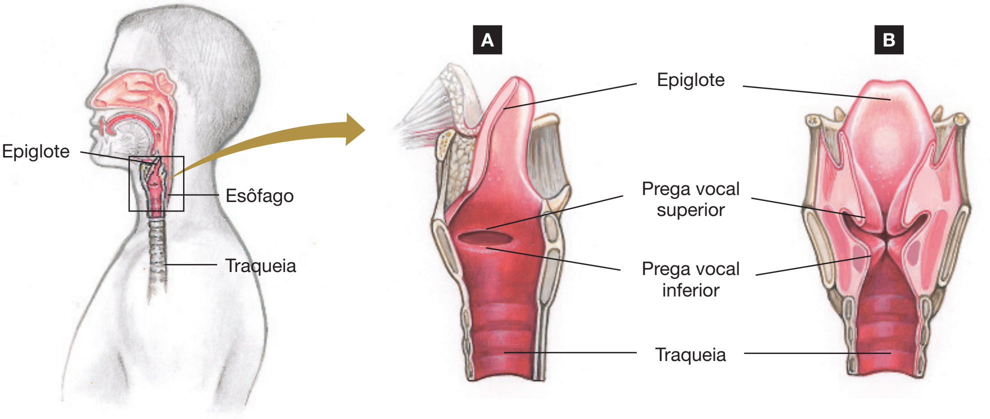
A entrada da laringe, chamada **glote**, é guarnecida por uma "lingueta" cartilaginosa, a **epiglote**, que atua como válvula. Quando engolimos, a laringe eleva-se e sua entrada é fechada pela epiglote, o que impede o alimento de penetrar nas vias respiratórias e causar engasgamento.



CECÍLIA IWASHITA

Figura 10.8 Representação esquemática dos principais componentes do sistema respiratório humano. O pulmão direito é ligeiramente maior que o esquerdo e está dividido em três partes, ou três lóbulos; o pulmão esquerdo tem apenas dois lóbulos. Pulmões de pessoas jovens têm cor rosada, que vai aos poucos escurecendo com a idade, devido ao acúmulo de impurezas presentes no ar. Pulmões de fumantes são mais escuros que os de não fumantes devido ao acúmulo de partículas de alcatrão e outras substâncias contidas na fumaça do cigarro. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

O revestimento interno da laringe contém **pregas vocais** (anteriormente denominadas cordas vocais), capazes de produzir som durante a passagem do ar. Graças à ação combinada da laringe, da boca, da língua e do nariz, podemos articular palavras e produzir diversos tipos de som. (Fig. 10.9)



ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Figura 10.9 Representações esquemáticas da estrutura da laringe em corte. **A.** Vista lateral. **B.** Vista frontal. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

À laringe segue-se a **traqueia**, tubo de aproximadamente 1,5 cm de diâmetro por 10 cm de comprimento, com paredes reforçadas por anéis cartilaginosos, perceptíveis na região anterior do pescoço, logo abaixo da proeminência laríngea. Esses reforços cartilaginosos mantêm a traqueia sempre aberta para a passagem de ar.

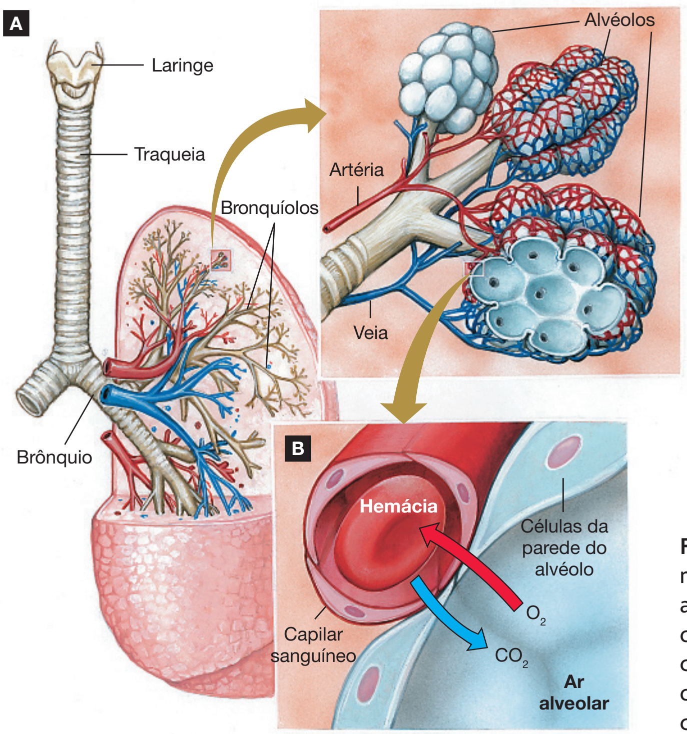
Na região superior do peito, a traqueia divide-se em dois tubos curtos também reforçados por anéis de cartilagem, os **brônquios**, que se ramificam em tubos cada vez mais finos, os **bronquíolos**. O conjunto altamente ramificado de bronquíolos forma a **árvore respiratória**. Cada bronquíolo apresenta, em sua extremidade, um grupo de pequenas bolsas denominadas alvéolos pulmonares.

Traqueia, brônquios e bronquíolos são revestidos internamente por um epitélio ciliado, rico em células produtoras de muco. Partículas de poeira e bactérias em suspensão no ar aderem ao muco e são continuamente levadas em direção à garganta pelo batimento rítmico dos cílios das células epiteliais. Ao chegar à faringe, o muco e as partículas aderidas são engolidos e vão para o tubo digestório.

Os dois conjuntos de bronquíolos com alvéolos pulmonares, um em cada lado do peito, constituem os **pulmões**, órgãos esponjosos com aproximadamente 25 cm de altura e 700 g de massa, localizados no interior da caixa torácica.

Os pulmões são envoltos por duas membranas, as pleuras. A pleura mais interna está aderida à superfície de cada pulmão, enquanto a pleura mais externa está aderida à caixa torácica. Entre as pleuras há um espaço estreito, preenchido por uma fina camada líquida, o líquido interpleural. A tensão superficial desse líquido mantém unidas as duas pleuras, mas permite que elas deslizem suavemente uma sobre a outra nos movimentos respiratórios.

Cada pulmão é constituído por cerca de 150 milhões de **alvéolos pulmonares**, pequenos sacos de paredes finas, formadas por células achatadas. Os alvéolos são recobertos por grande número de capilares sanguíneos, possibilitando o intercâmbio eficiente de gases respiratórios. (Fig. 10.10)



ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Figura 10.10 A. Representação esquemática da relação entre as extremidades dos bronquíolos e os alvéolos pulmonares. No detalhe, um alvéolo em corte transversal. **B.** Representação esquemática da troca de gases respiratórios entre o alvéolo e o capilar sanguíneo. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

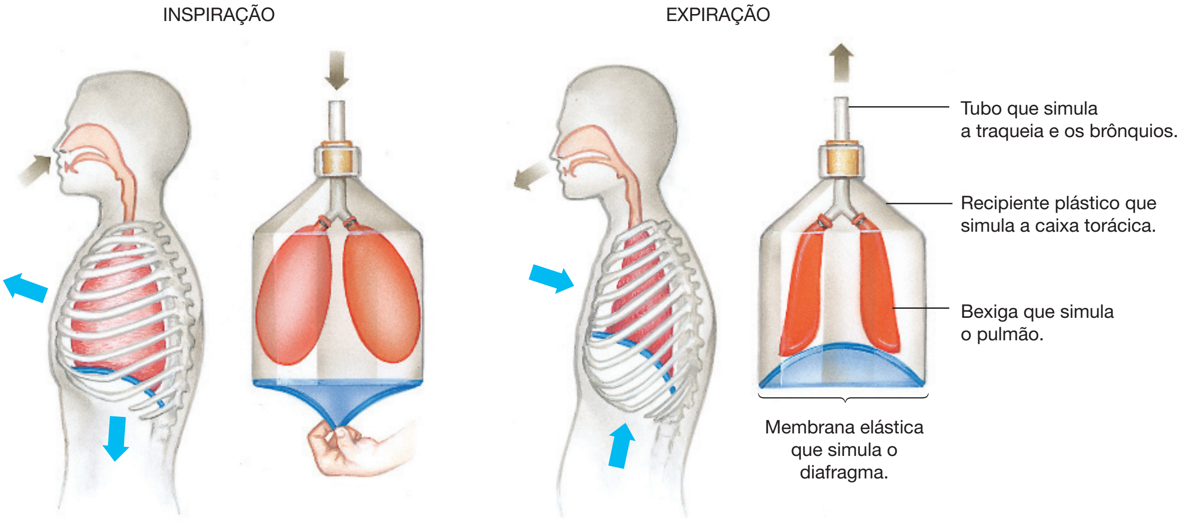
Calcula-se que, se todos os alvéolos dos pulmões de uma pessoa fossem esticados e colocados lado a lado, sua superfície ultrapassaria 200 m^2; e se todos os capilares que recobrem os alvéolos fossem unidos linearmente, atingiriam nada menos que 1.600 km de extensão. Isso nos dá uma ideia da altíssima capacidade dos pulmões de realizar trocas gasosas com o sangue.

Fisiologia da respiração

Ventilação pulmonar

Ventilação pulmonar é a renovação do ar dos pulmões que ocorre a cada movimento respiratório, composto de uma inspiração – entrada de ar nos pulmões – e uma expiração – saída do ar. Calcula-se que mais de 10 mil litros de ar passem diariamente pelos pulmões de uma pessoa.

Nos mamíferos, a ventilação pulmonar depende da ação dos músculos que interligam as costelas – os músculos intercostais – e de uma membrana musculosa, flexível e resistente, o **diafragma**, que separa a cavidade torácica da cavidade abdominal. Na inspiração, o diafragma desce e as costelas sobem, o que aumenta o volume da caixa torácica, forçando o ar a entrar nos pulmões. Na expiração, ocorre o oposto: o diafragma sobe e as costelas abaixam, o que diminui o volume da caixa torácica e força a saída de ar dos pulmões. (Fig. 10.11)


INSPIRAÇÃO
EXPIRAÇÃO
Tubo que simula a traqueia e os brônquios.
Recipiente plástico que simula a caixa torácica.
Bexiga que simula o pulmão.
Membrana elástica que simula o diafragma.

ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Figura 10.11 Representações esquemáticas do papel do diafragma na inspiração e na expiração. Ao lado das figuras humanas, modelo feito de materiais simples para demonstrar os movimentos respiratórios. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Quando nos exercitamos, as células musculares gastam mais energia. Assim, a respiração celular se intensifica e há liberação de maiores quantidades de gás carbônico. No sangue, o gás carbônico reage com água e origina ácido carbônico, que faz aumentar a acidez sanguínea. Essa mudança é rapidamente detectada pelo sistema nervoso, que passa a estimular mais os músculos intercostais e o diafragma, aumentando a frequência da ventilação pulmonar.

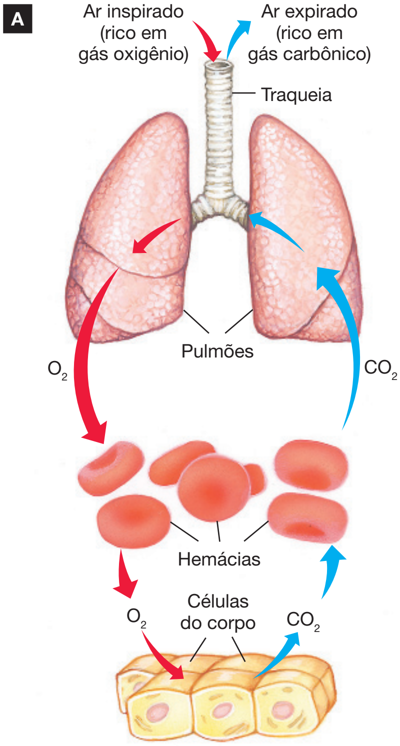
Hematose

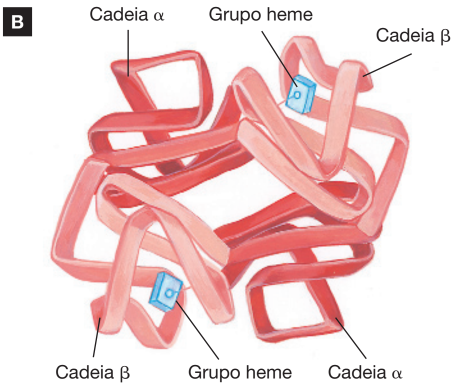
Nos alvéolos pulmonares, ocorre o fenômeno-chave da respiração: a **hematose**. Nesse processo, o gás oxigênio do ar difunde-se para os capilares sanguíneos e penetra nas hemácias, onde se combina com a **hemoglobina**, proteína constituída por quatro cadeias polipeptídicas e quatro anéis pirrólicos (grupos heme) que contêm ferro em sua composição. O gás oxigênio, combinado à hemoglobina, forma a oxiemoglobina e viaja pelo corpo, chegando aos capilares sanguíneos de todos os tecidos. (Fig. 10.12)

Nos tecidos, o gás oxigênio dissocia-se da hemoglobina, sai das hemácias e difunde-se para as células. Simultaneamente, moléculas de gás carbônico originadas na respiração celular difundem-se para o líquido que banha os tecidos e são absorvidas pelos capilares. A maior parte do gás carbônico (cerca de 70%) reage com a água no interior das hemácias, formando ácido carbônico (H_2CO_3), que rapidamente se dissocia em íons H^+ e íons bicarbonato (HCO_3^-). Os íons H^+ associam-se às moléculas de hemoglobina, enquanto os íons HCO_3^- saem das hemácias e vão para o plasma sanguíneo, onde contribuem para controlar o grau de acidez do sangue.

Nos alvéolos pulmonares, os íons bicarbonato e H^+ se reassociam, originando ácido carbônico, que, na sequência, se transforma em água e em gás carbônico. O gás carbônico difunde-se, então, para o ar alveolar e é eliminado na expiração.

Aproximadamente 98% do gás oxigênio é transportado no interior das hemácias, na forma de oxiemoglobina, enquanto a maior parte do gás carbônico – cerca de 70% – é transportada dissolvida no plasma, na forma de íons HCO_3^-.


A
Ar inspirado (rico em gás oxigênio)
Ar expirado (rico em gás carbônico)
Traqueia
Pulmões
O₂
CO₂
Hemácias
O₂
Células do corpo
CO₂



ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Figura 10.12 A. Caminho dos gases respiratórios do ar às células e vice-versa. **B.** Representação esquemática da estrutura tridimensional da molécula de hemoglobina, formada por quatro cadeias polipeptídicas e por quatro grupos heme (dois deles não visíveis, escondidos pelas dobras da molécula), que contêm ferro em sua constituição, o qual é responsável pela cor vermelha da hemoglobina. Estima-se que haja cerca de 250 milhões de moléculas de hemoglobina em cada hemácia. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Ciência e cidadania

Cuidando do sistema respiratório

1 Uma gripe forte, que afeta nossos pulmões, pode nos deixar cansados e desanimados. A eficiência respiratória diminui e, consequentemente, todas as células do corpo têm menos gás oxigênio disponível para obter energia. Isso dá ideia da importância da boa respiração e dos cuidados que devemos tomar com nosso sistema respiratório.

2 Embora seja impossível evitar por completo gripes e resfriados, providências simples podem nos ajudar a manter a boa saúde respiratória. Basicamente, deve-se respirar sempre pelo nariz e manter o corpo aquecido no inverno, pois as vias respiratórias e os pulmões são facilmente afetados pelo frio, o que facilita as infecções por vírus e bactérias.

3 Os principais prejuízos aos pulmões são causados pela inalação de fumaça, poeira e outras partículas, que podem acumular-se e causar doenças diversas. O inimigo número 1 do pulmão sadio é, sem dúvida, o tabagismo. O risco de pessoas que fumam contraírem câncer e enfisema pulmonar é cerca de 20 vezes maior que o de não fumantes.

Conhecendo e prevenindo doenças respiratórias

4 **Sinusite –** Nos ossos da face existem cavidades chamadas seios faciais (em latim, *sinus*), e a inflamação dessas cavidades é o que se denomina sinusite. Os seios faciais têm comunicação com as cavidades nasais e podem ser invadidos por bactérias capazes de causar infecções. A sinusite aguda provoca dor em diversas regiões da face e corrimento nasal mucoso.

5 **Asma brônquica –** A asma é uma doença pulmonar em que há crises de diminuição do calibre dos bronquíolos. Vários fatores podem provocar asma, mas as causas mais comuns são alérgicas. Pode haver componentes emocionais no desencadeamento da crise asmática, decorrente da contração espasmódica da musculatura lisa dos bronquíolos. Na crise, a membrana que reveste internamente os condutos respiratórios incha e produz secreção, o que contribui para diminuir seu calibre. A obstrução parcial das vias respiratórias causa sufocação, com aumento do esforço para respirar. Pode haver prejuízos à oxigenação do sangue e, em casos graves, pode ocorrer cianose (coloração azulada da pele e das mucosas), provocada pelo acúmulo de gás carbônico no sangue.

6 **Bronquite crônica, enfisema e câncer de pulmão** – Três doenças muito ligadas ao hábito de fumar e à poluição do ar são a bronquite crônica, o enfisema e o câncer pulmonar. As estatísticas mostram que mais de 75% dos pacientes com bronquite crônica são ou foram fumantes. O enfisema pulmonar é raro em pessoas que nunca fumaram. Estima-se que 80% dos cânceres pulmonares seriam evitados se as pessoas deixassem de fumar. Na bronquite crônica, os bronquíolos secretam quantidade excessiva de muco, tornando-se comprimidos e inflamados. Os cílios do epitélio dos bronquíolos deixam de "varrer" o muco e partículas de sujeira acumulam-se, dificultando a passagem de ar; a respiração "encurta" e há acessos de tosse constantes. Pessoas com bronquite crônica, em geral, desenvolvem enfisema. O enfisema é a obstrução completa dos bronquíolos, com aumento da resistência à passagem de ar, principalmente durante as expirações. Geralmente ocorre ruptura de alvéolos, formando-se cavidades nos pulmões. A eficiência respiratória diminui e há sobrecarga do coração, o que leva a maioria dos pacientes com enfisema a desenvolver insuficiência cardíaca. No câncer de pulmão, células cancerosas multiplicam-se rápida e descontroladamente, podendo invadir outros tecidos do corpo, onde originam novos tumores.

Guia de leitura

Responda em seu caderno

1 Releia o primeiro parágrafo do quadro, que relaciona a boa respiração à saúde e à disposição física e mental. Como se explica essa relação? Escreva um texto curto e objetivo sobre isso, com base no que aprendeu no capítulo.

2 O segundo parágrafo comenta providências simples que podem evitar afecções respiratórias. Uma delas é respirar sempre pelo nariz. Por quê? Se for o caso, reveja esse assunto no capítulo.

3 O terceiro parágrafo aponta os principais inimigos do pulmão saudável. Quais são eles? Qual é sua opinião a respeito do tabagismo? Analise os vários aspectos da questão.

4 O quarto parágrafo é sobre a sinusite. Você conhece alguém que já teve essa afecção? Há muitos tratamentos caseiros para a sinusite, nem todos aconselháveis. Informe-se sobre isso. E lembre-se: os médicos são as melhores autoridades para tratar enfermidades respiratórias.

5 O quinto parágrafo do quadro refere-se à asma brônquica. Você conhece alguém que sofre de crises de asma? Informe-se a respeito. A asma pode ser um problema sério que requer acompanhamento médico.

6 O sexto parágrafo comenta semelhanças entre a bronquite crônica e o enfisema pulmonar. Quais são elas?

7 Ainda no sexto e último parágrafo do quadro, comenta-se a relação entre o tabagismo e as três doenças citadas. Faça uma pesquisa com pessoas fumantes e pergunte a elas se conhecem os riscos e malefícios do hábito de fumar. Em caso afirmativo, pergunte sobre o motivo de continuarem fumando. Anote as respostas e troque informações com os colegas.

8 Para finalizar o assunto do quadro, sugerimos um tema de pesquisa, importante principalmente para os moradores das grandes cidades: o envenenamento por monóxido de carbono (CO). Quais são as principais fontes emissoras desse gás altamente poluente? E quais são os prejuízos do CO para o organismo humano?

10.3 Circulação sanguínea e linfática

Componentes do sistema cardiovascular

O **sistema cardiovascular** é constituído pelo coração e por uma rede de vasos que levam o sangue a todas as partes do corpo. (Fig. 10.13)

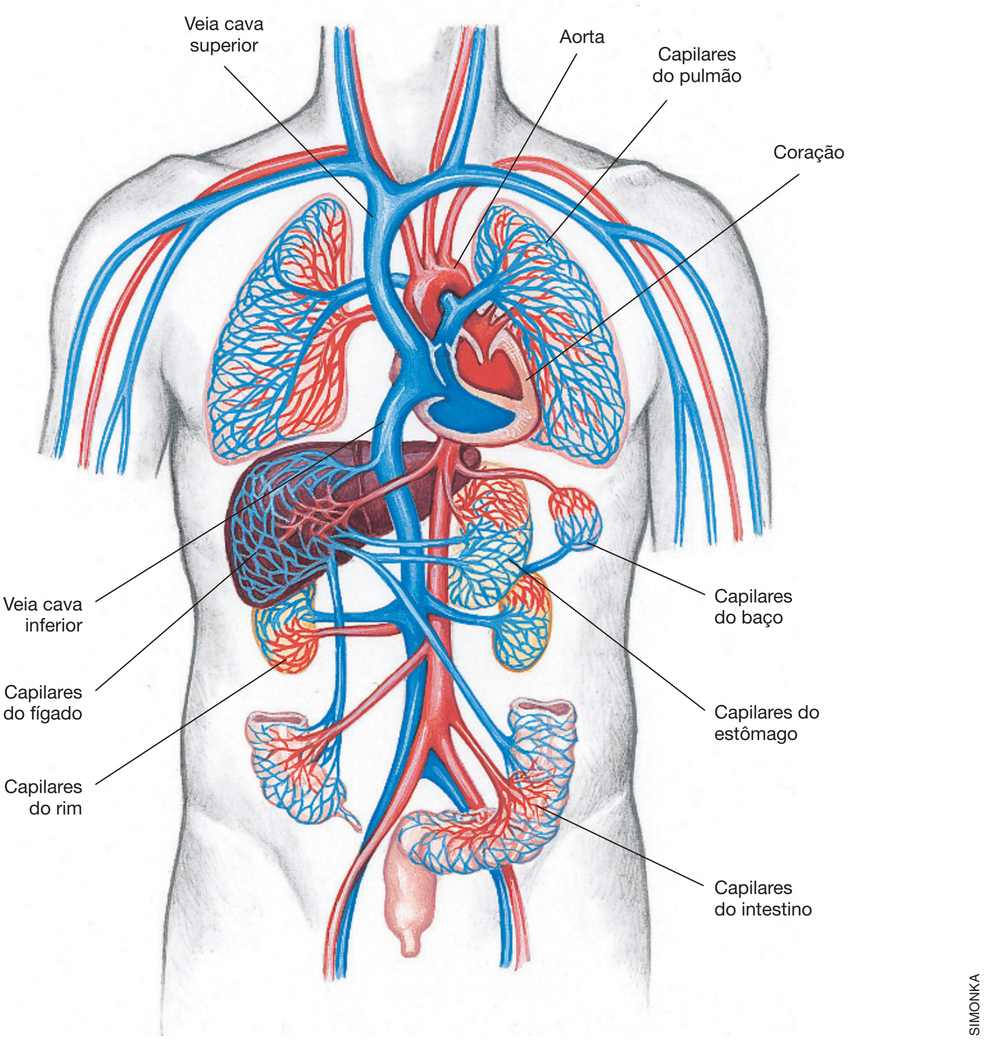


Figura 10.13 Representação esquemática do coração (em corte) e dos principais vasos do sistema cardiovascular humano, em vista frontal. Os vasos em que circula sangue oxigenado estão representados em vermelho, e os que conduzem sangue pobre em gás oxigênio estão representados em azul. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Estrutura e fisiologia do coração

O **coração** humano é um órgão oco, de tamanho comparável ao de um punho fechado e com cerca de 400 g; localiza-se sob o osso esterno, um pouco à esquerda do centro do peito. As paredes do coração são constituídas por tecido muscular estriado cardíaco, o **miocárdio** (do grego *myos*, músculo, e *cardio*, coração); internamente, o coração é revestido por uma camada de células achatadas, o **endocárdio**.

O coração humano tem quatro cavidades: dois **átrios cardíacos**, ou aurículas, e dois **ventrículos cardíacos**. O sangue rico em gás oxigênio, proveniente dos pulmões, chega ao coração pelo átrio esquerdo. O sangue rico em gás carbônico, proveniente do resto do corpo, chega pelo átrio direito. (Fig. 10.14)

Cada átrio comunica-se com o ventrículo ligado a ele por um orifício guarnecido por uma **valva atrioventricular**, cuja função é garantir a circulação do sangue em um único sentido, do átrio para o ventrículo. O átrio esquerdo comunica-se com o ventrículo esquerdo pela valva atrioventricular esquerda, também chamada valva bicúspide ou mitral. O átrio cardíaco direito comunica-se com o ventrículo direito pela valva atrioventricular direita, ou valva tricúspide.

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

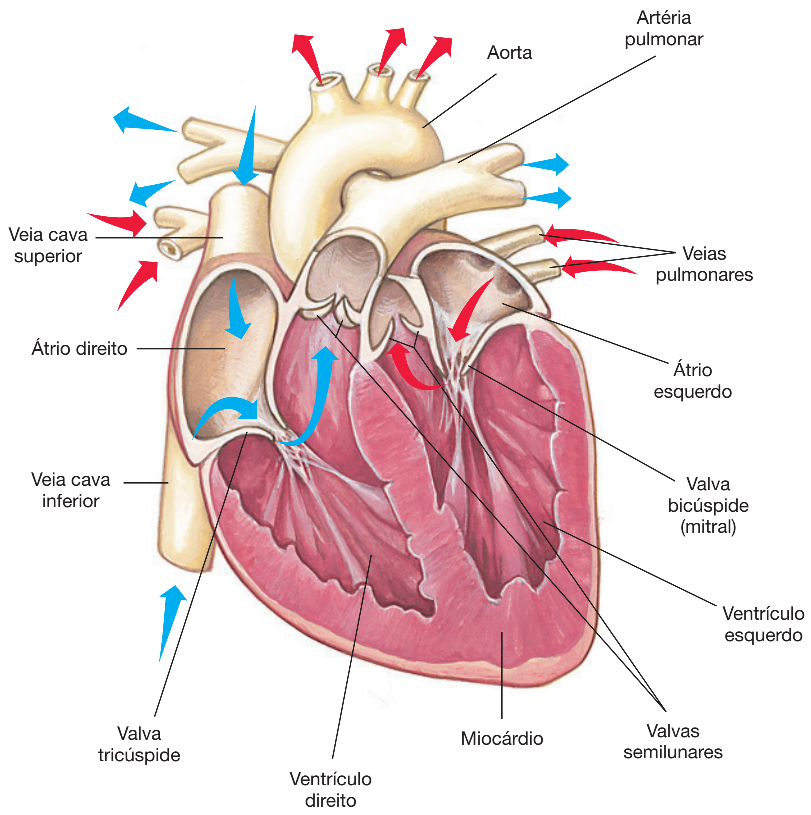

Aorta
Artéria pulmonar
Veia cava superior
Veias pulmonares
Átrio direito
Átrio esquerdo
Veia cava inferior
Valva bicúspide (mitral)
Ventrículo esquerdo
Valva tricúspide
Miocárdio
Valvas semilunares
Ventrículo direito

Figura 10.14 Representação esquemática do coração em vista ventral cortado longitudinalmente. As setas em azul indicam o fluxo de sangue pobre em gás oxigênio, e as setas em vermelho, o fluxo do sangue rico em gás oxigênio. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Durante a contração dos átrios, denominada **sístole atrial**, o sangue passa para os ventrículos, que relaxam, processo chamado **diástole ventricular**. Quando ocorre a contração dos ventrículos, ou **sístole ventricular**, as valvas entre eles e os átrios se fecham e o sangue é forçado a sair do coração por duas grandes artérias: a artéria pulmonar, que parte do ventrículo direito em direção aos pulmões, e a aorta, que parte do ventrículo esquerdo para as demais partes do corpo. As saídas para a aorta e para a artéria pulmonar são guarnecidas pelas **valvas semilunares**, cuja função é impedir o refluxo de sangue para o coração durante o relaxamento ventricular.

O sangue retorna ao coração por duas grandes veias – as veias cavas, que desembocam no átrio direito, e as veias pulmonares, que desembocam no átrio esquerdo. Em um ciclo completo, o sangue executa o seguinte trajeto: átrio direito → ventrículo direito → → pulmões → átrio esquerdo → ventrículo esquerdo → tecidos corporais → átrio direito. Nossa circulação sanguínea é dupla: o trajeto “coração → pulmões → coração” é denominado **circulação pulmonar**, ou pequena circulação, e o trajeto “coração → sistemas corporais → coração” é chamado **circulação sistêmica**, ou grande circulação. (Fig. 10.15)

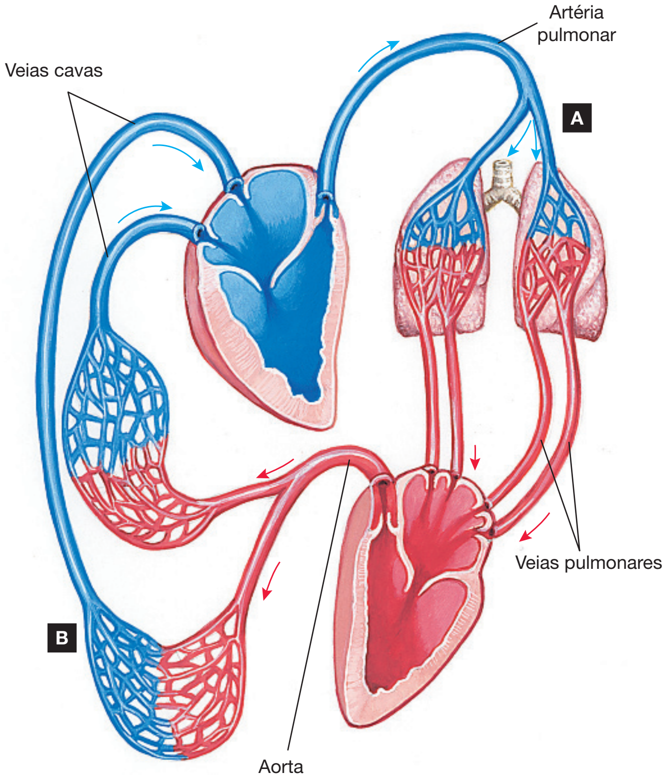

Artéria pulmonar
Veias cavas
A
Veias pulmonares
B
Aorta

Figura 10.15 Representação esquemática do coração com as metades separadas, para facilitar a compreensão de que os lados direito e esquerdo atuam como bombas distintas. **A.** Circulação pulmonar. **B.** Circulação sistêmica. O caminho mostrado em azul indica o fluxo do sangue pobre em gás oxigênio e, em vermelho, o fluxo do sangue rico em gás oxigênio. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Quando estamos em repouso, uma sequência completa de sístoles e diástoles das câmaras do coração – **ciclo cardíaco** – dura cerca de 0,8 segundo. Com o uso do estetoscópio, um instrumento que permite auscultar ruídos internos do organismo, podem ser identificadas duas "batidas" subsequentes do coração: a primeira, um som mais grave e menos audível, é causada pelo impacto do sangue contra as valvas atrioventriculares direita e esquerda, marcando o início da sístole ventricular. A segunda batida, um som mais agudo e alto, é causado pelo impacto do sangue contra as valvas semilunares da aorta e da artéria pulmonar, marcando o início da diástole ventricular.

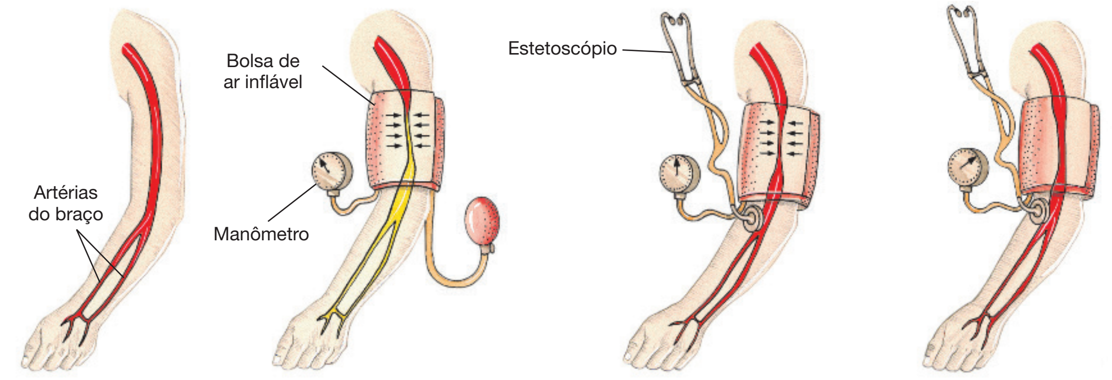
O número de vezes que o coração se contrai por unidade de tempo é a **frequência cardíaca**, que varia de acordo com a condição de saúde, o condicionamento aeróbico e a situação emocional da pessoa. Em média, a frequência cardíaca oscila em torno de 70 a 80 batimentos por minuto; durante o sono, o coração pode bater entre 35 e 50 vezes por minuto; durante um exercício físico intenso, a frequência cardíaca pode ultrapassar os 180 batimentos por minuto.

A frequência dos batimentos cardíacos é controlada por um nódulo de células musculares especiais, o **marca-passo**, ou **nodo sinoatrial**, localizado perto da junção entre o átrio direito e a veia cava superior. Outra região especializada do coração é o **nodo atrioventricular**, que distribui o sinal gerado pelo marca-passo à musculatura dos ventrículos, estimulando-os a entrar em sístole.

Vasos sanguíneos

Artérias são vasos de parede espessa e musculosa, que levam sangue do coração para os órgãos e tecidos corporais, inclusive para os tecidos do próprio coração, como fazem as artérias coronárias. As artérias de grosso calibre que partem do coração – aorta e artéria pulmonar – ramificam-se progressivamente em artérias mais finas, atingindo todas as partes do corpo. Nos órgãos e tecidos, os finíssimos ramos terminais das artérias, as arteríolas, prolongam-se formando vasos ainda mais finos, os capilares sanguíneos.

Ao ser bombeado pelos ventrículos, o sangue adentra as artérias exercendo grande pressão sobre suas paredes, o que poderia rompê-las, caso elas não fossem elásticas. A pressão que o sangue exerce sobre a parede interna das artérias é denominada **pressão arterial**. Em uma pessoa jovem e com boa saúde, a pressão nas artérias durante a sístole ventricular, chamada **pressão arterial sistólica**, ou pressão máxima, oscila em torno de 110 mmHg e 120 mmHg. Durante a diástole ventricular a pressão diminui, ficando em torno de 70 mmHg a 80 mmHg; esta é a chamada **pressão arterial diastólica**, ou pressão mínima. (Fig. 10.16)



1. Pressão arterial: Sistólica ≃ 120 mmHg Diastólica ≃ 70 mmHg

2. Pressão na bolsa de ar maior que 120 mmHg interrompe o fluxo sanguíneo para o braço.

3. Pressão na bolsa de ar entre 80 e 120 mmHg permite fluxo de sangue durante a sístole; o som da passagem do sangue é audível no estetoscópio.

4. Pressão na bolsa menor que 70 mmHg permite fluxo de sangue durante a sístole e a diástole; os sons não são mais audíveis no estetoscópio.

Figura 10.16 Representação esquemática do princípio de aferição da pressão arterial pelo método auscultatório. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Sob pressão, o sangue nas artérias é impulsionado até as arteríolas e os **capilares sanguíneos**, que são vasos finíssimos, de diâmetro microscópico, com paredes constituídas por uma única camada de células endoteliais. Os capilares sanguíneos estão presentes em praticamente todas as regiões do corpo e nenhuma de nossas células situa-se a mais de 130 μm de distância de um deles.

As células da parede dos capilares têm pequenos espaços entre si, por onde extravasa líquido sanguíneo (denominado líquido intersticial ou tissular), que banha as células próximas, nutrindo-as e oxigenando-as. As células, por sua vez, eliminam no líquido tissular gás carbônico e excreções produzidos em seu metabolismo.

A maior parte do líquido que sai dos capilares e banha as células é reabsorvida pelos próprios capilares sanguíneos, reincorporando-se ao sangue. O restante é absorvido pelos capilares linfáticos, como veremos adiante. Ao passar pelos capilares dos tecidos, o sangue que banha as células torna-se pobre em nutrientes e em gás oxigênio, e rico em gás carbônico e excreções diversas.

No ponto de conexão entre uma arteríola e um capilar há uma célula muscular lisa, enrolada no vaso sanguíneo, que constitui o esfíncter pré-capilar. Quando esse esfíncter unicelular se contrai, a passagem do sangue para o capilar é diminuída ou bloqueada; desse modo, o organismo pode regular o suprimento de sangue que aflui para os tecidos. (Fig. 10.17)

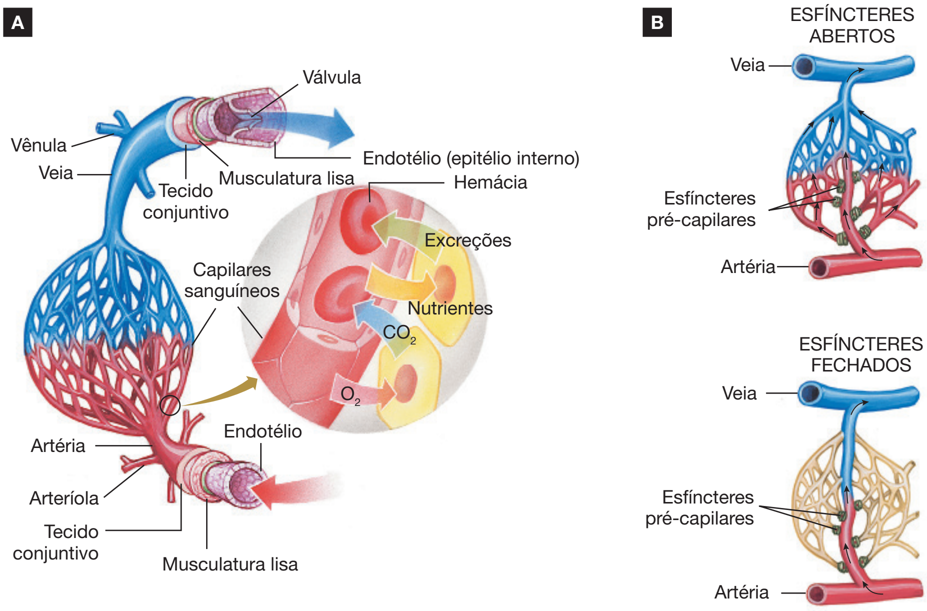

A
Válvula
Vênula
Veia
Endotélio (epitélio interno)
Tecido conjuntivo
Musculatura lisa
Hemácia
Excreções
Capilares sanguíneos
Nutrientes
CO_2
O_2
Artéria
Endotélio
Arteríola
Tecido conjuntivo
Musculatura lisa
B
ESFÍNCTERES ABERTOS
Veia
Esfíncteres pré-capilares
Artéria
ESFÍNCTERES FECHADOS
Veia
Esfíncteres pré-capilares
Artéria

Figura 10.17
A. Representação esquemática de artérias, veias e capilares sanguíneos; no detalhe, troca de substâncias entre o sangue do capilar e as células ao redor.
B. Representações esquemáticas dos esfíncteres pré-capilares (abertos e fechados) que controlam a circulação capilar. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Os capilares sanguíneos unem-se formando vasos muito finos, as vênulas, que originam vasos progressivamente maiores, as **veias**. A progressiva fusão das veias que seguem dos sistemas corporais para o coração origina dois vasos de grosso calibre, as veias cavas superior e inferior, que desembocam no átrio direito. As veias que trazem o sangue de volta dos pulmões – veias pulmonares – desembocam no átrio esquerdo. A parede das veias é relativamente mais fina que a das artérias, por apresentar menos tecido muscular.

Depois de o sangue passar por milhões de arteríolas e capilares, sua pressão no interior das veias cai a valores muito baixos, embora suficientes para promover o retorno do sangue ao coração. Ao nos movimentarmos, os músculos esqueléticos contribuem para o retorno do sangue na circulação venosa. Isso ocorre porque, ao contrairmos os músculos, eles comprimem as veias; o sangue é pressionado, mas só pode se deslocar no sentido do coração, graças à presença de válvulas nas veias, que impedem o refluxo. (Fig. 10.18)

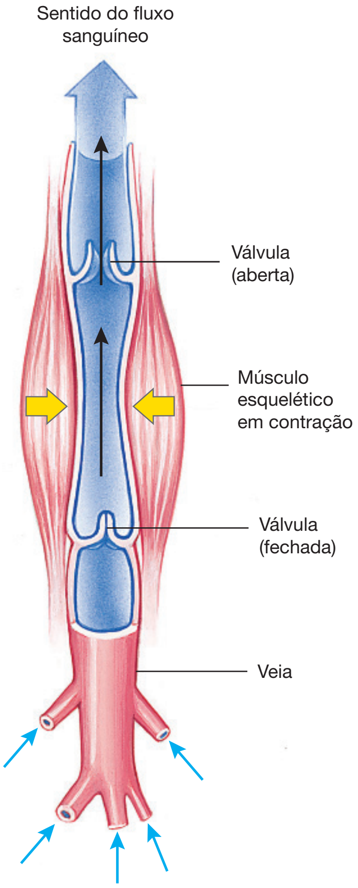

Sentido do fluxo sanguíneo
Válvula (aberta)
Músculo esquelético em contração
Válvula (fechada)
Veia

Figura 10.18 Representação esquemática de como a ação conjunta dos músculos e das válvulas permite a propulsão do sangue no sistema venoso. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

SIMONKA

O sangue

O **sangue** que circula nas artérias, nos capilares sanguíneos e nas veias reúne as características de um tecido conjuntivo, por apresentar células separadas por grande quantidade de matriz extracelular, o **plasma sanguíneo**. O plasma, um líquido amarelo constituído de água, sais minerais e diversas proteínas, corresponde a cerca de 55% do volume sanguíneo; o restante é composto pelos **elementos figurados do sangue**, que são as células sanguíneas – hemácias e glóbulos brancos – e fragmentos celulares denominados plaquetas.

As células presentes no sangue são produzidas ininterruptamente pelo **tecido hematopoiético**, ou hemocitopoético (do grego *hematos*, sangue, e *poiese*, aqui usado no sentido de formação, origem), localizado no interior de certos ossos, constituindo a medula óssea vermelha.

Uma pessoa com cerca de 70 kg tem pouco mais de 5,5 L de sangue, com aproximadamente 30 trilhões de hemácias (glóbulos vermelhos ou eritrócitos), 45 bilhões de glóbulos brancos (leucócitos) e 1,5 trilhão de plaquetas. As **plaquetas** atuam na coagulação do sangue. Quando um vaso sanguíneo é lesado, plaquetas liberam uma enzima denominada tromboplastina, desencadeando uma complexa sequência de reações químicas, que leva à formação do coágulo. Algumas das enzimas que participam do processo de coagulação precisam estar associadas a íons Ca^{2+} para funcionar. Para que essa associação ocorra, é necessária a participação da vitamina K. (Fig. 10.19)

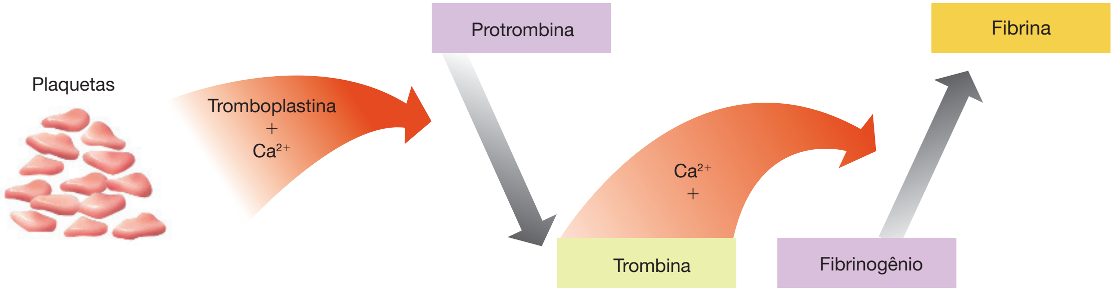


Figura 10.19 Representação esquemática de algumas etapas do processo de coagulação do sangue. A tromboplastina liberada pelas plaquetas, em conjunto com íons de cálcio, catalisa a reação de conversão de uma proteína sanguínea, a protrombina, em trombina, que catalisa a conversão de outra proteína sanguínea, o fibrinogênio, em fibrina, cujas moléculas se entrelaçam formando uma rede. As hemácias são aprisionadas na rede de fibrina, acumulando-se no local do ferimento e originando o coágulo, que estanca a hemorragia.

JURANDIR RIBEIRO

Circulação linfática

Além dos vasos sanguíneos, os vertebrados possuem uma ampla rede de **vasos linfáticos** distribuídos por todo o corpo, responsáveis pela captação do líquido tissular que não foi reabsorvido pelos capilares sanguíneos, reconduzindo-o à circulação. Se, por algum motivo, o sistema linfático deixa de cumprir essa função, o líquido tissular tende a se acumular nos tecidos, causando inchaços conhecidos como edemas linfáticos.

Nos tecidos corporais há vasos linfáticos finíssimos, com calibre pouco maior que o dos capilares sanguíneos, que terminam em fundo cego, isto é, em uma extremidade fechada. A confluência de capilares linfáticos origina vasos de diâmetros progressivamente maiores, que convergem para a região torácica, onde formam dois ductos linfáticos de grande calibre que se juntam a veias provenientes dos braços.

Nos vasos linfáticos circula a **linfa**, um fluido esbranquiçado de constituição semelhante à do sangue, do qual difere principalmente por não conter hemácias. A linfa contém leucócitos (glóbulos brancos), dos quais aproximadamente 99% são linfócitos; no sangue, esse tipo de leucócito representa apenas 50% do total de glóbulos brancos.

Em diversos pontos da rede linfática há **linfonodos**, ou nódulos linfáticos (antigamente denominados gânglios linfáticos); eles localizam-se no pescoço, nas axilas, na virilha e no intestino, e cumprem o papel de filtrar a linfa que circulou nas extremidades corporais e no abdome. Ao passar pelos linfonodos, a linfa circula por finos canais, onde os leucócitos identificam e destroem partículas e substâncias estranhas. (Fig. 10.20)

ILUSTRAÇÕES: OSVALDO SEQUETIN

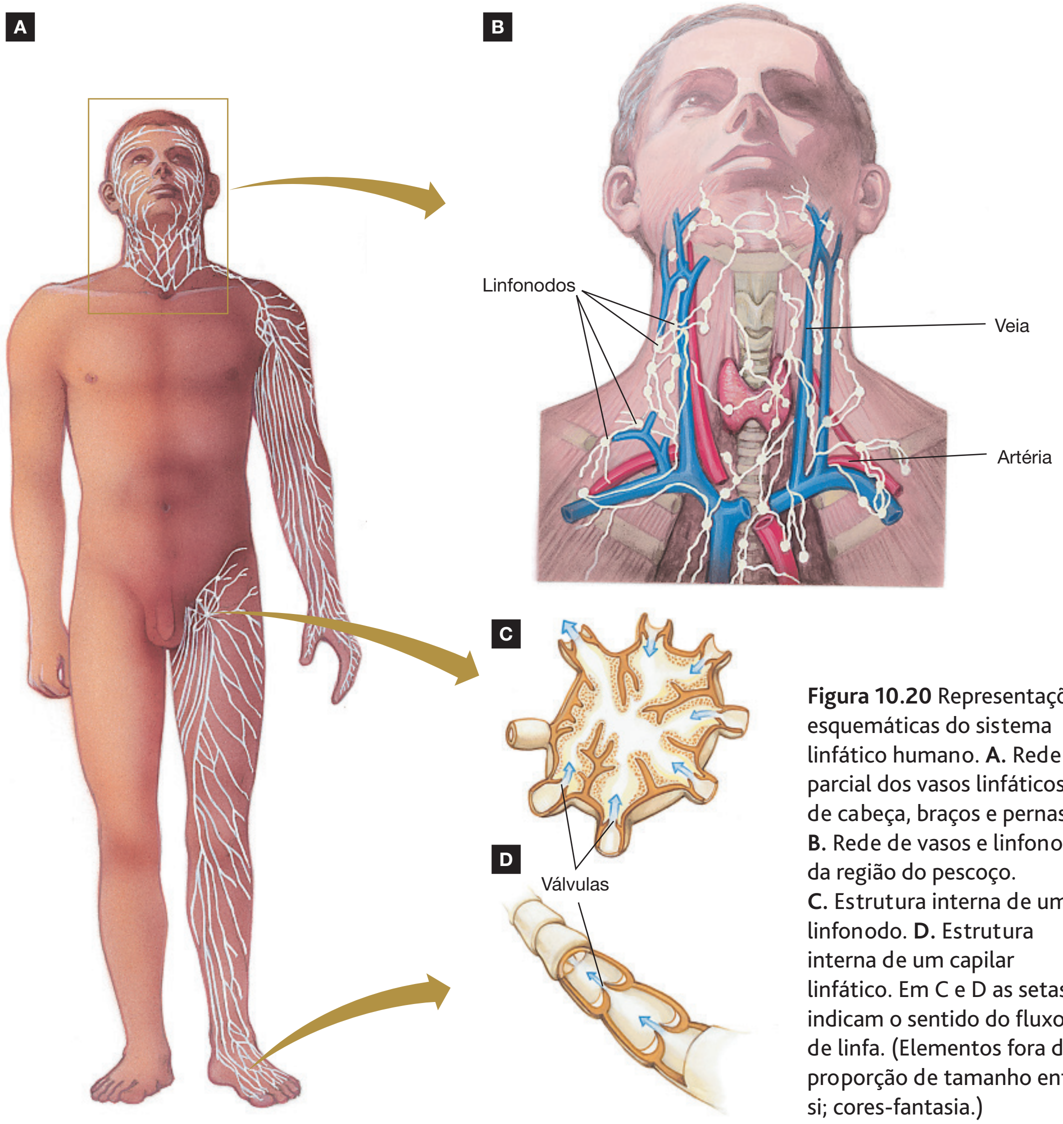


Figura 10.20 Representações esquemáticas do sistema linfático humano. **A.** Rede parcial dos vasos linfáticos de cabeça, braços e pernas. **B.** Rede de vasos e linfonodos da região do pescoço. **C.** Estrutura interna de um linfonodo. **D.** Estrutura interna de um capilar linfático. Em C e D as setas indicam o sentido do fluxo de linfa. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Quando o corpo é invadido por microrganismos, os leucócitos de linfonodos próximos ao local da invasão identificam o invasor e passam a se multiplicar ativamente. Com isso, os nódulos linfáticos aumentam de tamanho e formam inchaços conhecidos popularmente como ínguas; muitas vezes, o exame tátil dos linfonodos pelo médico permite detectar um processo infeccioso em andamento.

Adenoides e tonsilas (estas últimas antigamente eram chamadas amígdalas) são órgãos ricos em linfonodos localizados na entrada das vias respiratórias e do tubo digestório. O **baço**, localizado do lado esquerdo do abdome, é outro órgão rico em linfonodos, que desempenha diversas funções importantes, entre as quais: armazenamento de linfócitos e de monócitos, dois tipos de glóbulos brancos; filtragem do sangue para a remoção de microrganismos, de substâncias estranhas e de resíduos celulares; destruição de hemácias envelhecidas. Além disso, o baço é capaz de armazenar hemácias e lançá-las na corrente sanguínea em momentos de necessidade, como em situações de esforço físico intenso, por exemplo.

Sistema imunitário

Apesar de nosso corpo ser bem protegido pela pele e pelas membranas que revestem os órgãos internos, é praticamente impossível evitar a entrada de substâncias estranhas ou de microrganismos invasores, alguns deles perigosos. Felizmente, contamos com um eficaz sistema de defesa interno, comparável a um exército organizado e bem aparelhado: trata-se do sistema imunitário (do latim *immunis*, livre, isento – significando, neste caso, livre de doenças). O **sistema imunitário**, ou sistema imunológico, é constituído por certos tipos de leucócitos, principalmente macrófagos e linfócitos, e por órgãos onde eles se formam, amadurecem e se multiplicam, os órgãos linfáticos.

Principais células do sistema imunitário

Macrófagos são células fagocitárias que se movimentam continuamente entre os tecidos, ingerindo microrganismos, restos de células mortas, resíduos celulares etc. Quando ainda são células jovens e vivem no sangue, os macrófagos são chamados de monócitos; ao passar do sangue para os tecidos, o monócito transforma-se em macrófago.

Os principais “soldados” do sistema imunitário são os linfócitos, especializados em determinadas funções relacionadas à defesa do organismo. Os **linfócitos B** produzem **anticorpos**, proteínas do grupo das imunoglobulinas capazes de se combinar especificamente com substâncias estranhas ao corpo, levando à sua destruição ou inativação. Genericamente, toda substância que desencadeia a produção de anticorpos é chamada **antígeno**. (Fig. 10.21)

Existem dois tipos de **linfócitos T**: citotóxicos e auxiliadores. Os **linfócitos T citotóxicos**, ou linfócitos CD8, são especializados em reconhecer e matar células corporais alteradas, como as infectadas por vírus, por exemplo. São eles também que atacam células estranhas ao organismo, sendo os principais responsáveis pela rejeição de órgãos transplantados.

Os **linfócitos T auxiliadores**, ou linfócitos CD4, são os comandantes do sistema imunitário; eles recebem informações dos macrófagos sobre a presença de invasores do corpo e estimulam imediatamente os linfócitos B e os linfócitos T citotóxicos a combatê-los. Se os linfócitos CD4 deixarem de atuar, os linfócitos B e CD8 (T citotóxicos) não serão ativados. A aids é uma doença temível exatamente porque o vírus HIV ataca e destrói linfócitos CD4. Consequentemente, os outros linfócitos não são ativados e a pessoa com aids pode contrair infecções que normalmente não afetariam pessoas saudáveis.

Os linfócitos instalam-se temporariamente nos linfonodos, onde detectam a presença de invasores trazidos pela linfa. Quando isso ocorre, passam a se multiplicar ativamente, produzindo e liberando na circulação verdadeiros batalhões de células prontas para entrar em combate. Os órgãos que têm linfócitos capazes de se multiplicar são chamados genericamente órgãos imunitários secundários, são eles: os linfonodos, as adenoides, as tonsilas, o apêndice vermiforme e o baço.

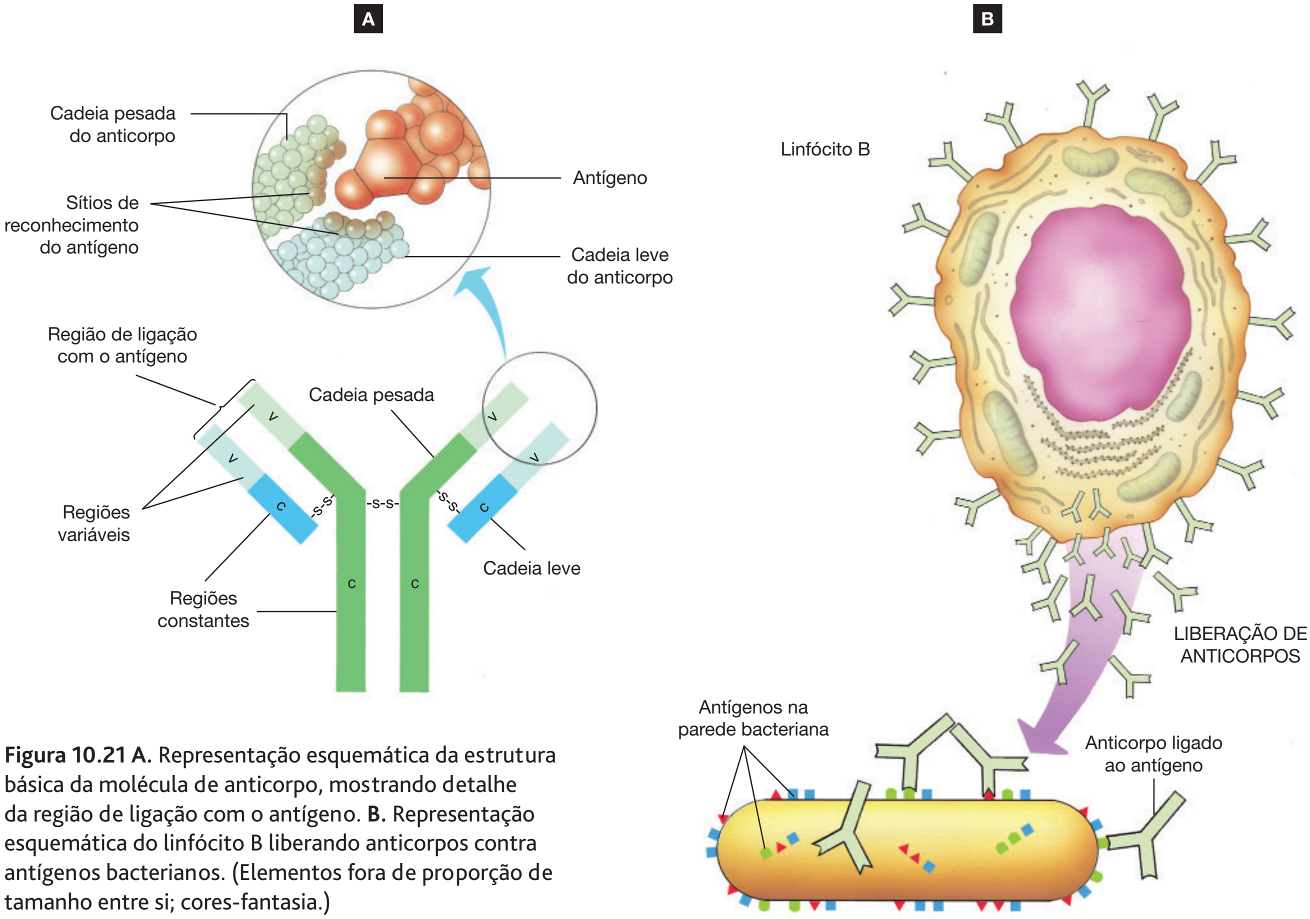

A
Cadeia pesada do anticorpo
Sítios de reconhecimento do antígeno
Antígeno
Cadeia leve do anticorpo
Região de ligação com o antígeno
Cadeia pesada
V
V
V
V
C
C
C
C
-S-S-
-S-S-
-S-S-
Regiões variáveis
Regiões constantes
Cadeia leve
B
Linfócito B
LIBERAÇÃO DE ANTICORPOS
Antígenos na parede bacteriana
Anticorpo ligado ao antígeno

Figura 10.21 A. Representação esquemática da estrutura básica da molécula de anticorpo, mostrando detalhe da região de ligação com o antígeno. **B.** Representação esquemática do linfócito B liberando anticorpos contra antígenos bacterianos. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Amplie seus conhecimentos

Aproveite o tema deste quadro para desmistificar alguns pontos relacionados a essa síndrome (como a forma de transmissão, a orientação sexual dos portadores etc.), reduzindo, dessa forma, o preconceito, a discriminação e o estigma geralmente associados aos portadores do vírus HIV. O **Suplemento para o professor** traz alguns endereços eletrônicos com textos que podem contribuir para essa discussão com os alunos.

A síndrome da imunodeficiência adquirida: aids

A síndrome da imunodeficiência adquirida, conhecida pela sigla **aids** (do inglês, ***a****cquired* ***i****mmuno* ***d****eficiency* ***s****yndrome*), é a enfermidade que surge nos estágios mais avançados da infecção pelo vírus HIV.

Esse vírus é transmitido por meio de fluidos eliminados durante as relações sexuais e pelo sangue. Também ocorre transmissão de mãe para filho durante a gravidez ou no parto, a qual pode ser reduzida a uma probabilidade baixíssima pelo tratamento da mulher portadora com drogas antivirais.

Algumas pessoas não manifestam sintomas ao serem infectadas pelo HIV; em outras, os sintomas são semelhantes aos de uma gripe: febre, dor de cabeça, cansaço e inflamação dos linfonodos, desaparecendo entre uma semana e um mês após a infecção.

Durante a fase que se sucede à infecção, os vírus multiplicam-se ativamente e os fluidos corporais e o sangue são altamente infectantes. O sistema imunitário é ativado pela multiplicação viral e passa a combater os vírus, que diminuem em quantidade. Nesse momento, a infecção torna-se completamente assintomática. Novos sintomas só voltam a aparecer muito tempo depois, em geral após alguns anos. No entanto, a infecção pelo HIV pode ser detectada desde o início por exames de laboratório. Pessoas infectadas pelo HIV e que têm anticorpos antivirais no sangue são chamadas soropositivas.

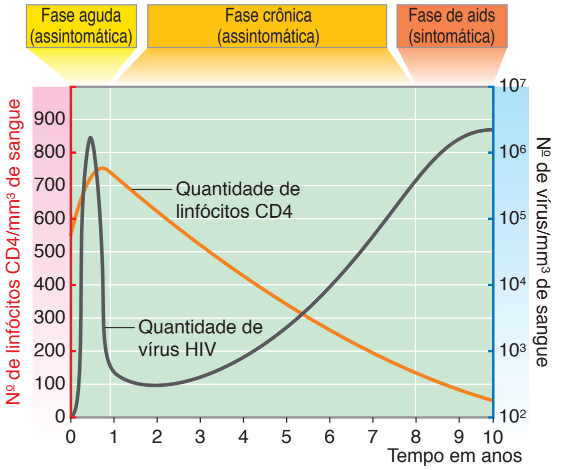
A principal célula atacada pelo HIV é o linfócito T auxiliador, ou célula CD4, que coordena as respostas do sistema imunitário. Ao destruir as células CD4, o HIV enfraquece a capacidade do organismo de combater não apenas a infecção pelo retrovírus, mas também outras infecções comuns, que normalmente não afetariam pessoas sadias. Conforme o número de células CD4 diminui no organismo, começam a aparecer os sintomas da aids.

A debilitação do sistema imunitário permite que se instalem infecções banais, denominadas “oportunistas”, que normalmente não acometem pessoas sadias. Nos portadores de aids, as infecções oportunistas são severas e muitas vezes fatais, pois o sistema imunitário, praticamente inativado pelo HIV, não consegue combater a maioria dos vírus, bactérias, fungos e outros microrganismos com os quais temos contato diariamente.

Sintomas de infecções oportunistas comuns em portadores de aids são: tosse e respiração ofegante; dificuldade de engolir; diarreia severa e persistente; febre; perda de visão; náusea, cólicas abdominais e vômitos; confusão mental e esquecimento; perda de massa corporal e fadiga extrema; dores de cabeça fortes; coma. Além disso, as pessoas com aids são propensas a desenvolver vários tipos de câncer, em particular os causados por vírus, como o sarcoma de Kaposi e o câncer cervical, além de cânceres do sistema imunitário, como linfomas.

As principais medidas para prevenir a infecção pelo HIV são: a) praticar apenas sexo seguro, com a proteção de preservativos (camisinhas); b) ao fazer transfusões, usar sempre sangue devidamente testado; c) usuários de drogas injetáveis não devem compartilhar seringas; d) durante a gravidez, tratar mulheres portadoras do vírus com drogas antivirais. Além disso, essas mulheres não devem amamentar o recém-nascido.

Atualmente, novas drogas desenvolvidas com base na grande quantidade de estudos sobre o modo de ação do vírus HIV são capazes de controlar a infecção, mantendo-a em níveis baixos e diminuindo ou mesmo eliminando os sintomas da doença. Apesar de não eliminar o vírus, os coquetéis de drogas são os principais responsáveis pelo declínio no número de mortes em decorrência da aids e pela melhora da qualidade de vida dos portadores do HIV. Entretanto, os sintomas da aids costumam reaparecer se o tratamento é interrompido. A razão disso é que o vírus continua presente em estado latente em locais como linfonodos, cérebro, testículos e olhos. Além disso, apesar de eficientes, os coquetéis antivirais costumam apresentar efeitos colaterais severos.



ADILSON SECCO

Gráfico da variação da quantidade de linfócitos T auxiliadores (células CD4) e de partículas virais no sangue de uma pessoa infectada por HIV, ao longo de 10 anos. A aids aparece apenas no período final da infecção, quando a taxa de células CD4 se torna muito baixa, menor do que 200 por 1 mm³ de sangue. (Elaborado com base em Bartlett, J. e Moore, R., 1998.)

O sistema imunitário em ação

Quando há uma infecção do organismo por um vírus, por exemplo, os macrófagos entram em ação; além de combater diretamente os invasores, eles alertam imediatamente outros componentes do sistema imunitário de que há uma invasão em curso.

Os macrófagos fagocitam substâncias estranhas e expõem partes delas na superfície da membrana celular. Em outras palavras, os macrófagos "apresentam" os antígenos ao sistema imunitário.

Na sequência, linfócitos T auxiliadores (células CD4) reconhecem os antígenos apresentados pelos macrófagos e passam a se multiplicar ativamente, estimulados por interleucinas liberadas pelos macrófagos. A estimulação de linfócitos T citotóxicos ocorre de modo semelhante.

A intensa divisão dos linfócitos ativados origina um verdadeiro exército de células, capaz de combater especificamente o invasor que estimulou a multiplicação celular. Os linfócitos continuam a se dividir ativamente enquanto houver antígenos capazes de ativá-los. À medida que os invasores são destruídos e vão desaparecendo do corpo, o número de linfócitos especializados em combatê-los vai diminuindo. (Fig. 10.22)

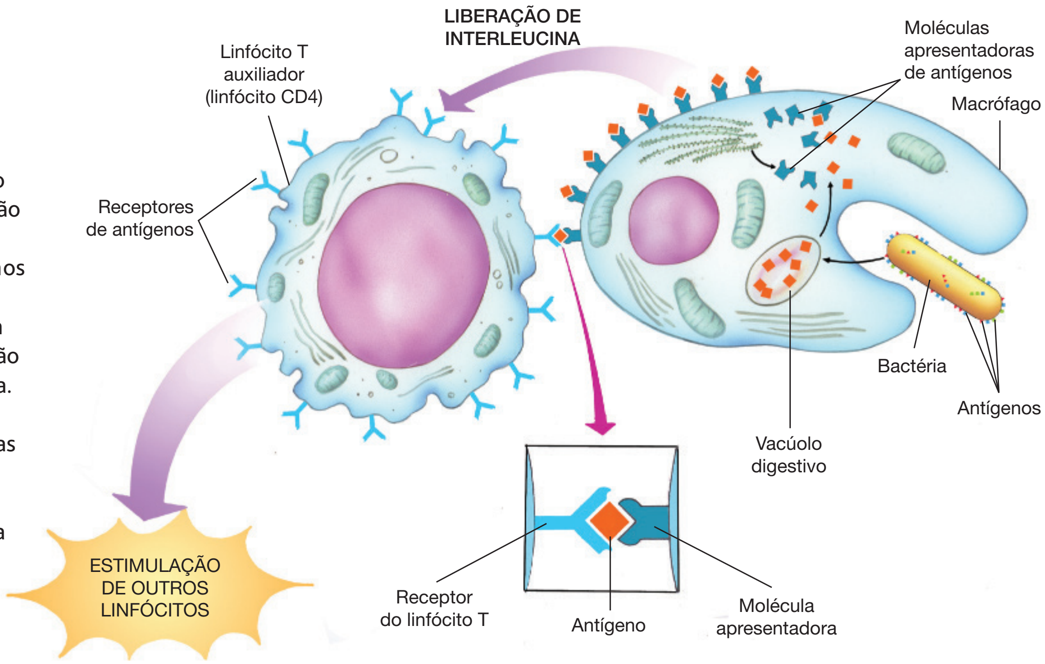

LIBERAÇÃO DE INTERLEUCINA
Linfócito T auxiliador (linfócito CD4)
Moléculas apresentadoras de antígenos
Macrófago
Receptores de antígenos
Bactéria
Antígenos
Vacúolo digestivo
ESTIMULAÇÃO DE OUTROS LINFÓCITOS
Receptor do linfócito T
Antígeno
Molécula apresentadora

Figura 10.22 Representação esquemática da apresentação de antígenos ao linfócito T pelo macrófago. Os antígenos dos invasores, no caso uma bactéria, combinam-se com proteínas do macrófago e são expostos em sua membrana. Os linfócitos capazes de reconhecer essas substâncias unem-se aos macrófagos e são estimulados a se multiplicar pela interleucina liberada por eles. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

JURANDIR RIBEIRO

Mesmo após uma infecção ter sido debelada, resta no organismo certa quantidade de linfócitos, chamados **células de memória imunitária**, que guardam por anos a capacidade de reconhecer agentes infecciosos com os quais o organismo já esteve em contato. No caso de um novo ataque, essas células de memória são ativadas e se reproduzem, deflagrando a **resposta imunitária secundária**. Em curto intervalo de tempo, é produzido um exército de células defensoras específicas. (Fig. 10.23)

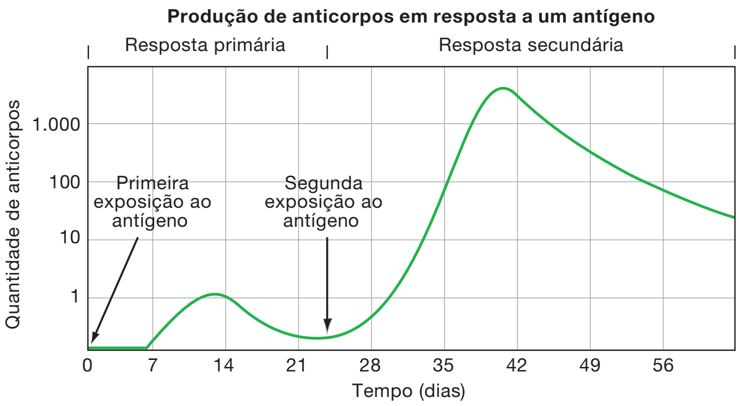


Figura 10.23 O gráfico mostra como a produção de anticorpos G, o tipo mais ativo no combate às infecções, é mais rápida e mais intensa em um segundo contato com o antígeno (resposta secundária), devido às células de memória. (Elaborado com base em Campbell, N. A. e cols., 2008.)

ERICSON GUILHERME LUCIANO

Imunizações ativa e passiva: vacinas e soros

Quando um organismo tem anticorpos específicos contra determinados invasores, diz-se que ele está imunizado contra esses antígenos. Há duas maneiras de se promover a imunização de uma pessoa contra certas doenças ou substâncias prejudiciais: a ativa e a passiva.

A **imunização ativa** é feita por meio da **vacinação**, que consiste em introduzir no corpo da pessoa antígenos provenientes de microrganismos causadores de certa doença ou mesmo microrganismos vivos previamente atenuados; esses antígenos injetados são as **vacinas**. Os antígenos da vacina desencadeiam uma resposta imunitária primária, em que há produção de células de memória. Se mais tarde o organismo for invadido pelo patógeno contra o qual foi imunizado, as células de memória imunitária desencadearão a resposta imunitária secundária, mais rápida e mais intensa que a primária, e os invasores podem ser destruídos antes mesmo de aparecerem sintomas da doença.

A **imunização passiva** consiste em injetar na pessoa uma solução de anticorpos prontos – os **soros imunes** – que combatem determinado patógeno. Certas substâncias tóxicas, como algumas toxinas bacterianas ou a peçonha de serpentes e de aranhas, têm efeito rápido e intenso no organismo, podendo matar a pessoa antes que ela consiga produzir anticorpos para se proteger. Nessas situações, injetam-se soros imunes extraídos de sangue de animais de laboratório previamente imunizados.

A aplicação do soro não confere imunidade permanente, pois a memória imunitária não é estimulada e os anticorpos injetados desaparecem de circulação em poucos dias. Além disso, geralmente o organismo imunizado com soro reconhece os próprios anticorpos do soro como substâncias estranhas, e passa a produzir anticorpos específicos contra eles. Por isso, deve-se evitar tomar o mesmo soro duas vezes, pois uma segunda injeção pode desencadear uma reação imunitária contra esse soro, com prejuízos à saúde.

Ciência e cidadania

Cuidando do sistema cardiovascular

1 Você sabia que mais de metade das mortes em países industrializados é causada por doenças cardiovasculares, como são chamadas as doenças do coração e dos vasos sanguíneos? As mais graves são provocadas por obstruções de artérias importantes, como as coronárias (que irrigam o coração) ou as artérias que irrigam o cérebro.

2 A constituição genética de algumas pessoas as predispõe a desenvolver doenças cardiovasculares. Entretanto, os genes atuam em conjunto com fatores ambientais que, comprovadamente, podem causar doenças cardiovasculares. Não é possível alterar os genes, mas podem-se adotar diversos comportamentos capazes de promover a saúde. Entre os fatores que predispõem a doenças cardiovasculares destacam-se o tabagismo, o consumo de alimentos excessivamente gordurosos e ricos em colesterol, o sedentarismo e o estresse.

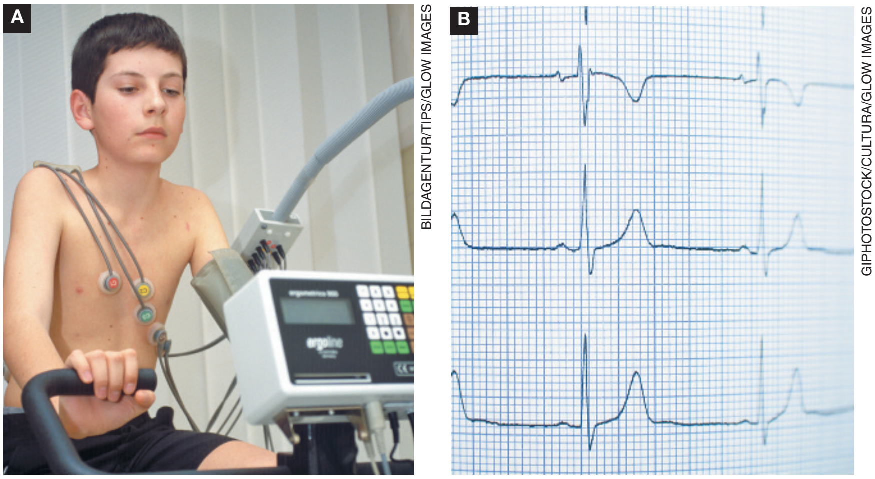
3 Para prevenir doenças cardiovasculares, portanto, deve-se evitar o tabagismo e adotar uma dieta com poucas gorduras saturadas, sobretudo as de origem animal. Além disso, é preciso manter o peso corporal compatível com a altura e com a idade, fazer exercícios físicos regularmente e evitar situações de estresse. Deve-se, também, medir periodicamente a pressão arterial e realizar exames médicos preventivos.

Conhecendo e prevenindo problemas cardiovasculares

4 **Arteriosclerose** é a perda gradual da elasticidade da parede das artérias. Essa condição acentua-se em idades avançadas e também pode ser causada pela deposição de placas de gordura (ateromas) na superfície arterial interna, recebendo nesse caso a denominação de aterosclerose. As placas de gordura levam à diminuição do diâmetro interno das artérias, enrijecendo suas paredes e comprometendo a elasticidade. A consequência é o aumento da pressão sistólica, uma vez que as artérias endurecidas perdem a capacidade de relaxar durante a sístole ventricular. Além disso, os ateromas tornam áspera a superfície interna das artérias, favorecendo a formação de coágulos que podem causar obstruções.

5 **Infarto do miocárdio**, ou ataque cardíaco, é causado pela interrupção do fornecimento de sangue ao músculo cardíaco devido à obstrução de uma ou mais artérias coronárias. Sem irrigação, as células miocárdicas morrem em poucos minutos. Se uma grande região do coração é afetada pelo infarto, a condução do impulso elétrico produzido pelo marca-passo pode ser interrompida e o coração deixa de bater. Se a região afetada do miocárdio for pequena, o coração continua em atividade e a lesão cicatriza, com substituição das células musculares mortas por tecido conjuntivo.

6 **Hipertensão arterial** ou pressão arterial elevada, conhecida popularmente como "pressão alta" ou, mais apropriadamente, como hipertensão, aumenta os riscos de ataques cardíacos e derrames de sangue no tecido cerebral. As causas mais comuns da hipertensão são o estresse emocional, a alimentação inadequada, excessivamente rica em gorduras e em sais, e a vida sedentária, sem atividade física. Pessoas hipertensas podem não apresentar, inicialmente, sintomas da doença; por isso, verificar regularmente a pressão arterial é importante na prevenção da hipertensão, que pode ser controlada com medicamentos, alteração da dieta, prática de exercícios físicos e relaxamento. Embora a pressão arterial tenda a se elevar com a idade, deve-se procurar orientação médica caso a pressão diastólica (mínima) atinja, com frequência, mais de 90 mmHg, e a sistólica (máxima), mais de 140 mmHg.



BILDAGENTUR/TIPS/GLOW IMAGES

GIPHOTOSTOCK/CULTURA/GLOW IMAGES

Exames periódicos podem detectar precocemente problemas cardiovasculares. **A.** Aparelho de pressão arterial colocado ao redor do braço mede a pressão arterial sistólica e a pressão arterial diastólica e os eletrodos colocados sobre a pele captam sinais elétricos que coordenam os batimentos cardíacos. **B.** Registro dos sinais elétricos captados na forma de gráficos conhecidos como eletrocardiogramas.

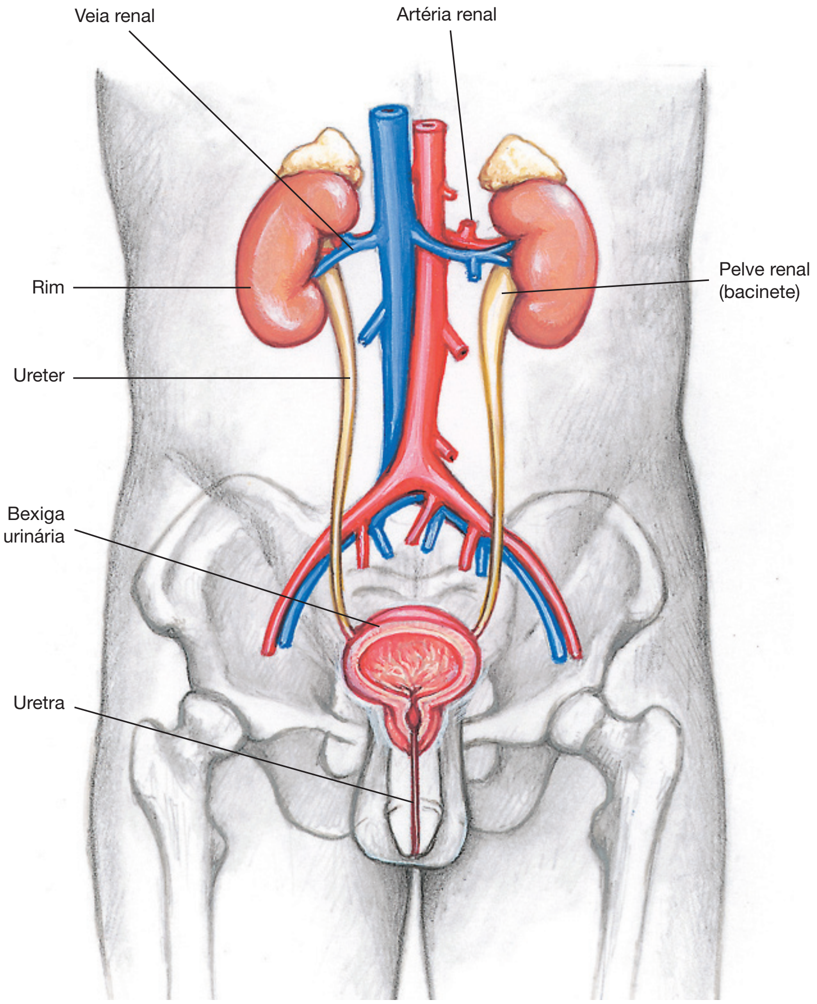
Guia de leitura

Responda em seu caderno

1. O parágrafo inicial do quadro traz informações importantes sobre a caracterização de doenças cardiovasculares. Note a estatística impressionante sobre a mortalidade causada por essas doenças em países industrializados. Ao longo da leitura, tente encontrar informações que justifiquem essa correlação.
2. O segundo e o terceiro parágrafos mencionam fatores que predispõem às doenças cardiovasculares e algumas atitudes preventivas contra elas. Escreva um texto sobre isso, comentando seus hábitos pessoais. Troque ideias a respeito com os colegas.
3. O quarto parágrafo aborda a arteriosclerose e a aterosclerose. Conceitue cada um desses termos.
4. Informe-se, no quinto parágrafo, sobre as principais causas e consequências do infarto do miocárdio. Talvez você conheça alguém que já passou por isso e se recuperou. Se possível, converse com essa pessoa sobre sua experiência e anote o que aprendeu.
5. O sexto parágrafo do quadro aborda a hipertensão arterial. Essa condição aumenta o risco de outras doenças cardiovasculares e, portanto, atitudes para manter a pressão arterial em níveis saudáveis previnem também outras disfunções do sistema. Escreva um texto dissertativo que correlacione doenças cardiovasculares e a vida nas grandes metrópoles. Considere também atitudes saudáveis que podem ser adotadas por pessoas que vivem nesses locais. Inclua em seu texto uma expressão muito usada para caracterizar a hipertensão arterial: um "inimigo silencioso". Encontre, no texto do parágrafo, a razão para essa expressão.

10.4 Sistema urinário humano

O **sistema urinário** é o conjunto de órgãos e estruturas responsáveis pela filtração do sangue e eliminação de substâncias tóxicas, desnecessárias ou que estão em excesso no corpo. O sistema urinário é composto de um par de rins, as vias uriníferas ou urinárias e a bexiga urinária. (Fig. 10.24)



SIMONKA

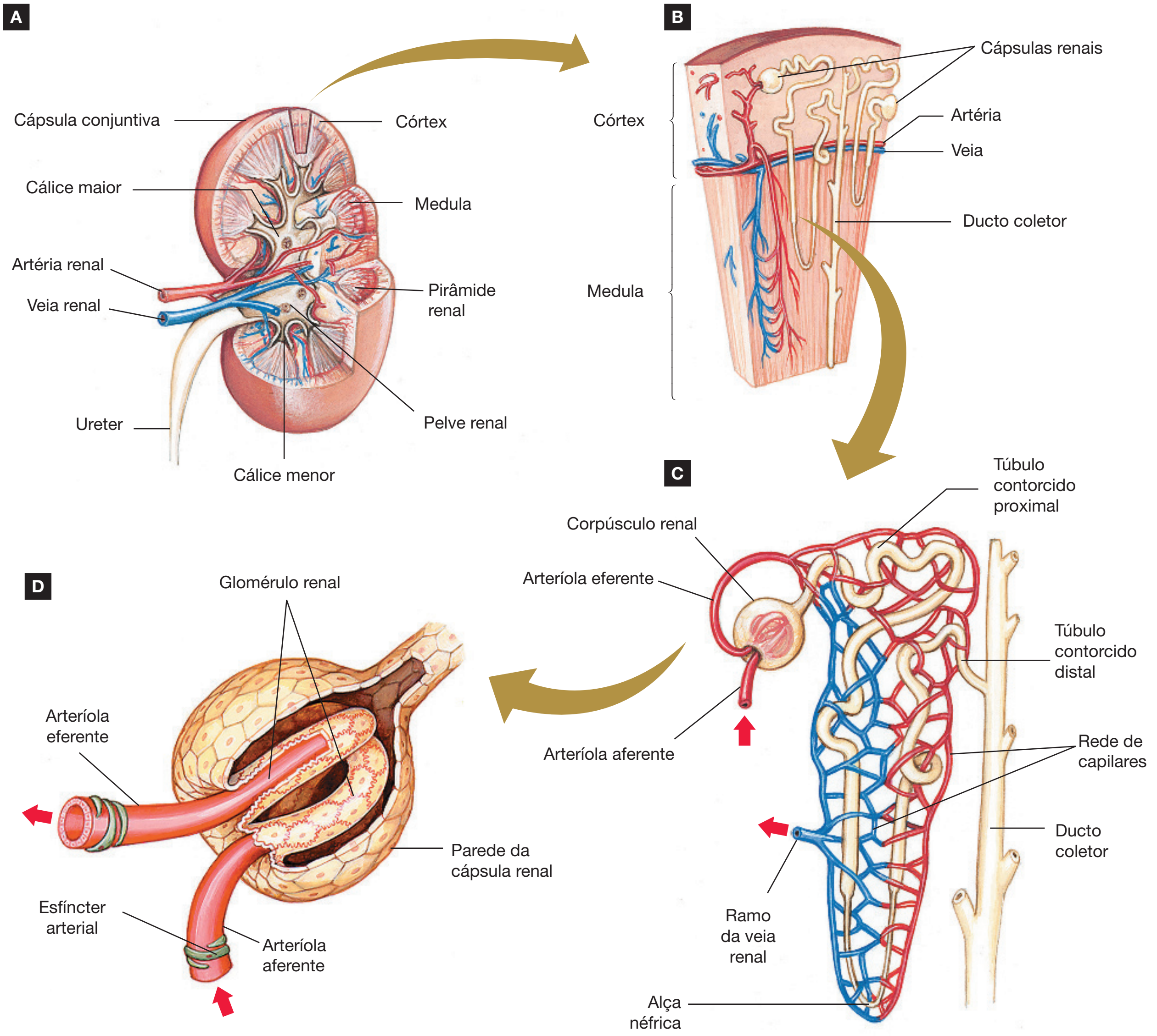
Figura 10.24 Representação esquemática dos componentes do sistema urinário masculino humano. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Componentes do sistema urinário

Os **rins** humanos são dois órgãos de cor marrom-avermelhada, com forma de grão de feijão e cerca de 10 cm de comprimento. Eles se localizam na parte posterior da cavidade abdominal, logo abaixo do diafragma, um de cada lado da coluna vertebral. O rim é revestido por uma cápsula fibrosa que envolve o córtex renal, onde se localizam os néfrons, que são as unidades responsáveis pela filtração do sangue.

Um **néfron** é uma longa estrutura tubular, com uma das extremidades em forma de taça, formando a **cápsula renal**. Dentro da cápsula renal há um pequeno novelo de capilares, o **glomérulo renal**, formado pela profusa ramificação de uma arteríola que penetra na cápsula. O conjunto formado pela cápsula renal e pelo glomérulo em seu interior é o **corpúsculo renal**.

A cápsula renal comunica-se a um longo tubo, o túbulo néfrico, que apresenta três regiões: o túbulo contorcido proximal, a alça néfrica (antes denominada alça de Henle) e o túbulo contorcido distal, que desemboca no ducto coletor. Os ductos coletores conduzem a urina produzida nos néfrons até a papila renal, de onde ela flui para os cálices menores, destes para os cálices maiores e finalmente para a pelve renal. (Fig. 10.25)



A
Cápsula conjuntiva
Córtex
Cálice maior
Medula
Artéria renal
Veia renal
Pirâmide renal
Ureter
Pelve renal
Cálice menor
B
Cápsulas renais
Córtex
Artéria
Veia
Ducto coletor
Medula
C
Túbulo contorcido proximal
Corpúsculo renal
Arteríola eferente
Túbulo contorcido distal
Arteríola aferente
Rede de capilares
Ducto coletor
Ramo da veia renal
Alça néfrica
D
Glomérulo renal
Arteríola eferente
Parede da cápsula renal
Esfíncter arterial
Arteríola aferente

Figura 10.25 Representações esquemáticas da estrutura do rim. **A.** Rim em corte parcial. **B.** Localização dos néfrons. **C.** Organização do néfron. **D.** Cápsula renal em corte, mostrando a organização do glomérulo. As setas vermelhas indicam o sentido do fluxo sanguíneo. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

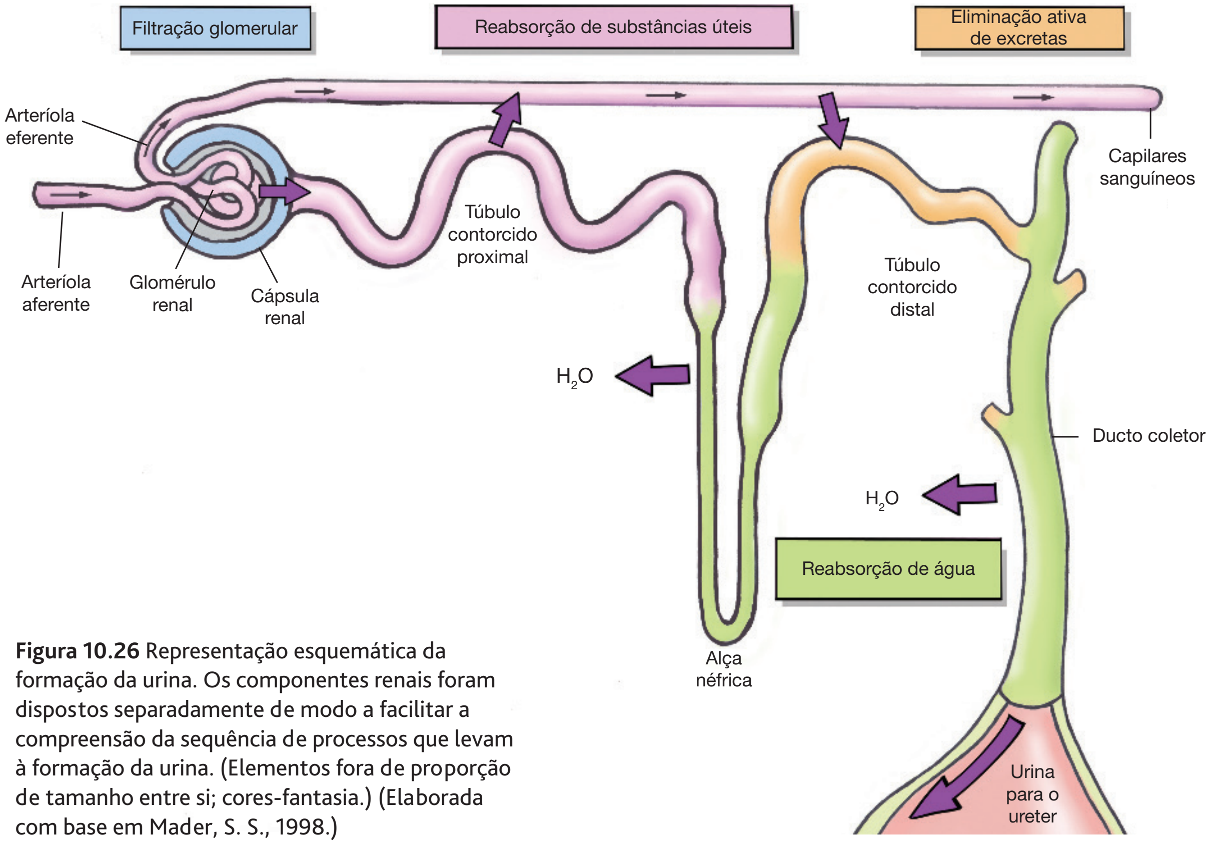
Filtragem do sangue, formação e destino da urina

Os néfrons filtram o sangue, removendo ureia, sais, ácido úrico e outras substâncias em excesso no organismo. O sangue a ser filtrado chega ao rim pela artéria renal, que se ramifica muito no interior do órgão, originando grande número de pequenas arteríolas. Cada uma delas penetra em uma cápsula renal, onde se ramifica e origina o glomérulo renal.

A alta pressão sanguínea nos capilares do glomérulo renal força a saída de fluido sanguíneo para a cápsula. Esse fluido, denominado **filtrado glomerular** ou urina inicial, contém diversos tipos de molécula: ureia, glicose, aminoácidos, sais etc. Diariamente, passam pelos rins de uma pessoa quase 1,6 mil litros de sangue, formando-se cerca de 180 litros de filtrado glomerular.

Em condições normais, a glicose, os aminoácidos, as vitaminas e grande parte dos sais do filtrado glomerular são reabsorvidos pelas células da parede do túbulo contorcido proximal e devolvidos ao sangue. No caso de alguma dessas substâncias estar em concentração anormalmente elevada no sangue, ela não é totalmente reabsorvida e parte é excretada na urina. É isso que acontece, por exemplo, com pessoas com **diabetes melito**: a alta concentração de glicose no sangue faz com que parte desse glicídio não seja reabsorvida pelo túbulo renal, sendo eliminada na urina.

Substâncias indesejáveis, como ácido úrico e amônia, são removidas ativamente do sangue por células do túbulo contorcido distal e lançadas no túbulo do néfron. Ao fim do percurso pelo túbulo, o filtrado glomerular transformou-se em **urina**, um fluido aquoso de cor amarelada, que contém predominantemente ureia, além de pequenas quantidades de amônia, ácido úrico e sais. A cor amarela da urina deve-se à presença de urobilina, substância originada principalmente pela degradação da hemoglobina de hemácias fora de função. (Fig. 10.26)


Filtração glomerular
Reabsorção de substâncias úteis
Eliminação ativa de excretas
Arteríola eferente
Capilares sanguíneos
Túbulo contorcido proximal
Arteríola aferente
Glomérulo renal
Cápsula renal
Túbulo contorcido distal
H_2O
Ducto coletor
H_2O
Reabsorção de água
Alça néfrica
Urina para o ureter

JURANDIR RIBEIRO

Figura 10.26 Representação esquemática da formação da urina. Os componentes renais foram dispostos separadamente de modo a facilitar a compreensão da sequência de processos que levam à formação da urina. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) (Elaborada com base em Mader, S. S., 1998.)

A partir dos quase 180 litros de filtrado glomerular produzidos diariamente nos rins de uma pessoa, forma-se apenas 1,5 litro de urina, que é conduzida dos rins para a bexiga urinária pelos **ureteres**. Estes são dois tubos que partem das pelves renais (ou bacinetes) e descem pela parede posterior do abdome, desembocando na parte lateral posterior da bexiga urinária, uma bolsa localizada na cavidade pélvica, bem atrás da sínfise púbica, como é chamado o local de união dos ossos púbicos. A função da bexiga é receber a urina que chega continuamente dos ureteres, armazenando-a até o momento de sua eliminação.

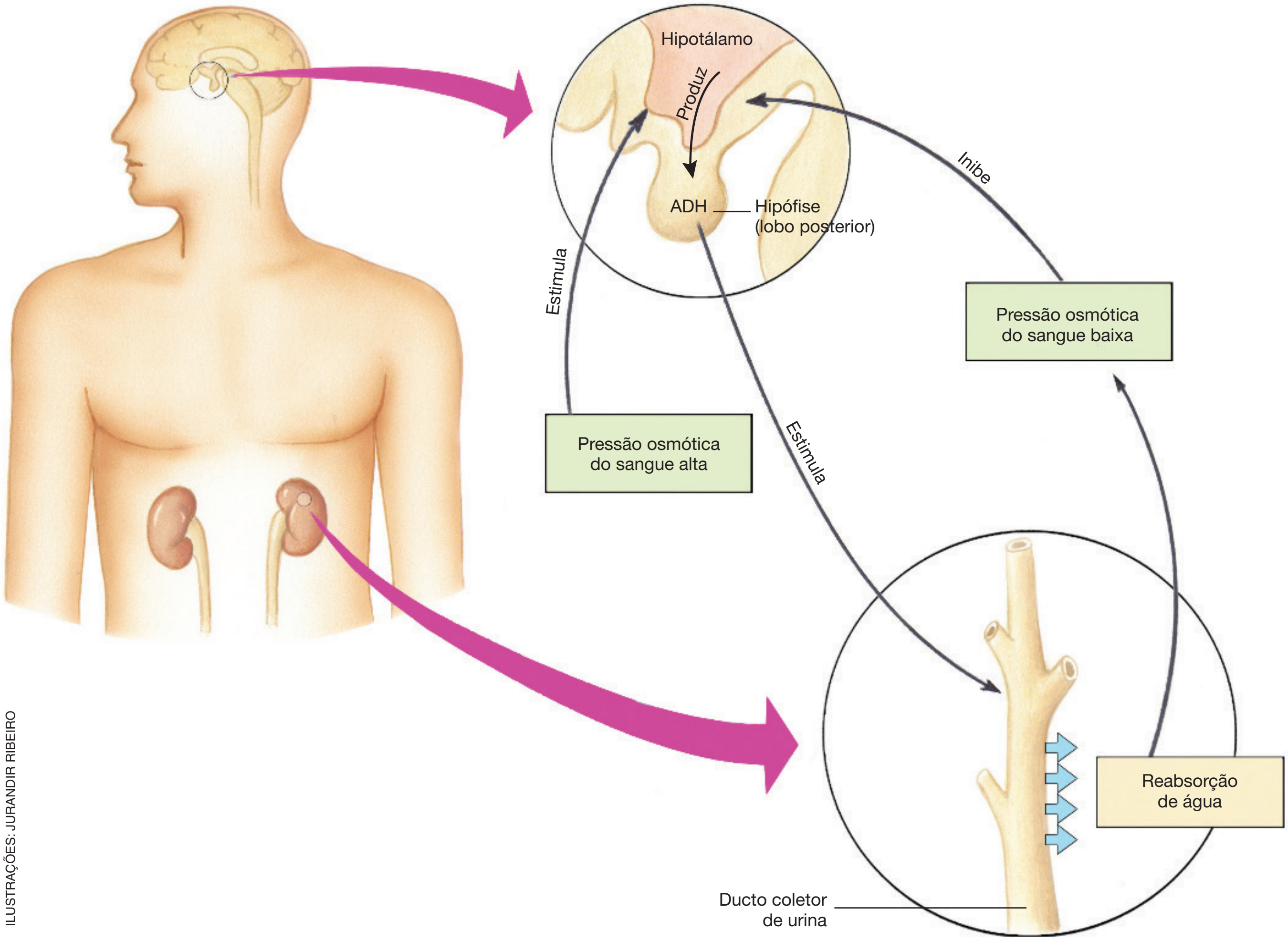
Uma pessoa adulta tem capacidade para armazenar cerca de 300 mL de urina na bexiga. Quando ela está cheia, receptores nervosos em sua parede são estimulados e transmitem a informação ao encéfalo, o que provoca a vontade de urinar. Se a ação puder ser realizada naquele momento, o encéfalo emite estímulos nervosos para a contração da musculatura da bexiga e para o relaxamento dos esfíncteres; músculos da região pélvica também participam do processo da micção.

A urina é eliminada da bexiga urinária pela **uretra**. A uretra feminina é exclusiva do sistema urinário e se abre para o exterior entre os lábios menores do pudendo feminino, logo abaixo do clitóris. A uretra masculina faz parte também do sistema genital; sua abertura para o exterior situa-se na ponta do pênis.

Controle hormonal da função renal

Os rins exercem rigoroso "controle de qualidade" sobre o sangue, mantendo diferentes substâncias em quantidades consideradas normais. Quando a concentração de alguma substância no sangue aumenta, os rins cuidam de eliminar os excessos. Se uma pessoa bebe muito líquido, por exemplo, seus rins produzem uma urina diluída e abundante, eliminando assim o excesso de água. Se o sangue de uma pessoa tem muito açúcar, ou muito sal, ou se a quantidade de hormônios está acima do normal, excessos dessas substâncias são eliminados na urina.

A reabsorção de água nos rins é controlada pelo **hormônio antidiurético**, conhecido pela sigla **ADH** (do inglês *antidiuretic hormone*), também chamado vasopressina. Esse hormônio é sintetizado no hipotálamo (uma região do encéfalo) e armazenado na parte posterior da glândula hipófise, que o libera no sangue. Ele atua sobre os túbulos contorcidos distais e os ductos coletores, provocando aumento da reabsorção de água do filtrado glomerular. (Fig. 10.27)



Hipotálamo
Produz
ADH
Hipófise (lobo posterior)
Inibe
Estimula
Pressão osmótica do sangue baixa
Pressão osmótica do sangue alta
Estimula
Reabsorção de água
Ducto coletor de urina

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Figura 10.27 Representação esquemática do controle hormonal da reabsorção de água nos rins. Quando o corpo se desidrata, o sangue se torna mais concentrado e a hipófise é estimulada a liberar ADH, que induz maior reabsorção de água pelos túbulos renais e torna a urina mais concentrada. A presença de álcool no sangue inibe a secreção de ADH, e é por isso que a ingestão de bebidas alcoólicas estimula a diurese. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

A quantidade do íon sódio (Na^+) no sangue é regulada pelo hormônio aldosterona, secretado por um par de glândulas endócrinas localizadas sobre os rins, as glândulas adrenais. Quando a quantidade de sódio no sangue abaixa, aumenta a secreção do hormônio aldosterona, que atua sobre os túbulos contorcidos distais e sobre os ductos coletores, estimulando a reabsorção de sódio do filtrado glomerular.

ATIVIDADES

Revendo conceitos, fatos e processos

Registre em seu caderno

Escreva, em seu caderno, o termo da relação abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 1 a 4.

a) dieta
b) nutrição
c) onívoro
d) vitamina

1. Um organismo que se alimenta de produtos variados, tanto de origem animal quanto de origem vegetal, é chamado (▬). 1. c

2. (▬) é o conjunto de tipos de alimento que ingerimos e suas respectivas quantidades. 2. a

3. (▬) é como se denomina o conjunto de processos pelos quais nossas células assimilam substâncias nutritivas. 3. b

4. (▬) é uma substância orgânica necessária em pequenas quantidades, mas que o organismo é incapaz de sintetizar. 4. d

Escreva, em seu caderno, o termo da relação abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 5 a 8.

a) diástole
b) frequência cardíaca
c) miocárdio
d) sístole

5. (▬) é o número de vezes que o coração bate em dado intervalo de tempo. 5. b

6. A contração de uma câmara cardíaca é chamada (▬). 6. d

7. (▬) é o nome da ação de relaxamento das câmaras cardíacas. 7. a

8. A musculatura do coração é denominada (▬). 8. c

Escreva, em seu caderno, o termo da relação abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 9 a 12.

a) grande circulação (circulação sistêmica)
b) pequena circulação (circulação pulmonar)
c) pressão diastólica
d) pressão sistólica

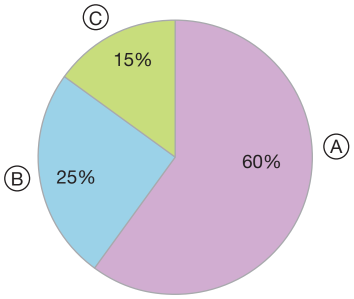
9. (▬) é a pressão do sangue nas artérias durante o relaxamento dos ventrículos. 9. c

10. (▬) é a pressão do sangue nas artérias durante a contração dos ventrículos. 10. d

11. (▬) é o trajeto que o sangue faz do coração para o corpo e deste de volta ao coração. 11. a

12. O trajeto que o sangue faz do coração para os pulmões e destes de volta ao coração é chamado (▬). 12. b

13. Uma dieta equilibrada combina três nutrientes orgânicos básicos (carboidratos, lipídios e proteínas) nas proporções mostradas no gráfico de setores a seguir. Qual dos segmentos do gráfico corresponderia aos carboidratos: A, B ou C? 13. A



LUIZ RUBIO

14. "Quando ocorre a sístole dos ventrículos, as grandes artérias (1), o que faz a pressão sanguínea em seu interior (2)." Qual das alternativas apresenta os conceitos que substituem corretamente os números 1 e 2, respectivamente? 14. b

a) contraem-se; aumentar.
b) relaxam; diminuir.
c) relaxam; aumentar.
d) contraem-se; diminuir.

15. O HIV é um vírus muito perigoso porque 15. c

a) age diretamente sobre os linfócitos B, que produzem anticorpos.
b) ataca e destrói os macrófagos, cuja função é alertar os linfócitos T citotóxicos (CD8) sobre a infecção.
c) ataca e destrói os linfócitos T auxiliadores (CD4), cuja função é comandar a resposta imunitária.
d) instala-se nos linfócitos T citotóxico (CD8), que atacam células infectadas por vírus.
e) instala-se nos órgãos imunitários primários, como a medula óssea e o timo, destruindo-os.

16. "Quando os músculos das costelas e do diafragma contraem-se, a cavidade torácica amplia-se. Com isso, sua pressão interna (1), o que ocasiona (2)." Qual das alternativas apresenta os conceitos que substituem corretamente os números 1 e 2, respectivamente? 16. c

a) aumenta; inspiração.
b) aumenta; expiração.
c) diminui; inspiração.
d) diminui; expiração.

17. À medida que o filtrado glomerular percorre o túbulo do néfron, sua composição química se altera. Isso ocorre devido: 17. d

a) ao extravasamento de fluido no glomérulo, onde substâncias voltam para o sangue.
b) ao armazenamento de ureia no fígado.
c) ao fenômeno da micção.
d) à reabsorção de substâncias no túbulo, as quais voltam para o sangue.

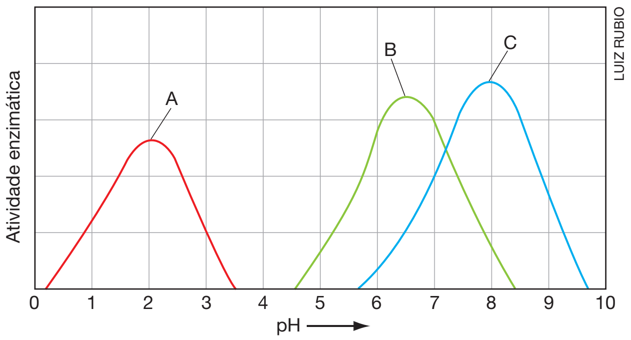
18. Uma pessoa passará a excretar maior quantidade de ureia se aumentar, em sua dieta, a ingestão de: 18. d

a) amido.
b) glicídios.
c) lipídios.
d) proteínas.
e) vitaminas.

Questões para exercitar o pensamento

Registre em seu caderno

19. Observe o gráfico a seguir, que mostra os valores de pH (grau de acidez) em três regiões do tubo digestório, identificadas pelas letras A, B e C. A seguir, responda às questões em seu caderno.



a) Quais são as regiões identificadas pelas letras? Como você chegou a essa conclusão?
b) Identifique, para cada região, uma enzima que nela atua e os respectivos substratos e produtos.

20. Arteriosclerose é o endurecimento da parede arterial, com perda de elasticidade. Levando em conta o papel das artérias na manutenção da pressão sanguínea, o que você pode dizer a respeito das pressões sistólica e diastólica de um indivíduo que sofre de arteriosclerose?

Faça você mesmo!

Registre em seu caderno

21. Atividade prática: Medindo a frequência cardíaca

Para esta atividade, você vai precisar de um cronômetro (ou um relógio que marque os segundos), papel e lápis para anotar os resultados das medições. Escolha um colega para ser seu "paciente experimental", enquanto você observa e anota; em seguida, troque de função. Faça anotações bem organizadas, para evitar confundir ou misturar dados.

Comece pelas medidas da frequência cardíaca em repouso. Seu "paciente" deve permanecer sentado ou deitado durante a medição, de olhos fechados e respirando tranquilamente. Localize a "pulsação" em uma das artérias do braço ou do pescoço. Após certificar-se de que a encontrou, conte o número de batimentos durante um minuto. Em seguida, conte o número de batimentos durante 15 segundos e multiplique o valor obtido por 4 (ou conte os batimentos em 10 segundos, e multiplique por 6), para estimar o número de batidas em um minuto. Quais são as vantagens e as desvantagens de cada tipo de medição?

Depois de registrar a frequência cardíaca em repouso, vamos medi-la após um exercício físico. Peça ao seu colega que se exercite durante 3 minutos, seja fazendo polichinelos, andando depressa ou subindo e descendo uma escada. Para aferir a frequência cardíaca após a atividade física, a medição deve ser feita rapidamente, antes da recuperação cardíaca. Que tipo de contagem de batimentos você usaria, de 10, 15 ou 60 segundos? Conte o número de batimentos imediatamente após o exercício e repita a medição a cada minuto, durante os 5 minutos seguintes. Elabore uma tabela e um gráfico com esses dados. Se necessário, peça orientações ao professor.

Compare os valores obtidos com as medidas de outras duplas de colegas. É possível calcular o valor médio de frequência cardíaca em repouso, que deve ser semelhante entre as duplas. Já os valores após o exercício devem variar bem mais. Você concorda com essa previsão? Por quê? Elabore um pequeno relatório com os resultados de suas observações e anotações e discuta o significado fisiológico do aumento da frequência cardíaca depois de uma atividade física intensa.

A Biologia no vestibular e no Enem

Registre em seu caderno

Questões objetivas

1. (UFRGS-RS) Tiago comeu um sanduíche de pão francês com queijo, presunto e manteiga, acompanhado de um copo de suco de laranja sem açúcar. Relacione cada um dos itens alimentares do lanche de Tiago, listados na coluna da direita, com as principais enzimas que atuarão na sua digestão, indicadas na coluna da esquerda.

1. pepsina
2. lipase
3. amilase
4. sacarase

(▬) pão francês
(▬) manteiga
(▬) presunto
(▬) queijo
(▬) suco de laranja

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é: 1. a

a) 3 — 2 — 1 — 1 — 4.
b) 4 — 3 — 2 — 1 — 3.
c) 1 — 4 — 3 — 2 — 2.
d) 1 — 3 — 2 — 4 — 4.
e) 2 — 1 — 4 — 3 — 3.

2. (UFT-TO) O sistema digestório humano é composto de um longo tubo e glândulas associadas que secretam substâncias responsáveis pela digestão química dos alimentos. Sobre a digestão humana, é correto afirmar: 2. e

a) na boca ocorre digestão mecânica pela ação da ptialina presente na saliva.
b) na parede do estômago as glândulas estomacais secretam pepsinogênio, enzima responsável pela digestão de proteínas.
c) a digestão do quimo ocorre predominantemente no duodeno sob a ação das enzimas contidas no suco gástrico.
d) a secreção produzida pelo fígado contém diversas substâncias digestivas e é responsável pela neutralização do quimo no duodeno.
e) uma secreção que atua no duodeno é a bile, produzida pelo fígado e armazenada na vesícula biliar.

3. (Fuvest-SP) Qual cirurgia comprometeria mais a função do sistema digestório e por quê: a remoção dos 25 cm iniciais do intestino delgado (duodeno) ou a remoção de igual porção do início do intestino grosso? 3. a

a) A remoção do duodeno seria mais drástica, pois nele ocorre a maior parte da digestão intestinal.
b) A remoção do duodeno seria mais drástica, pois nele ocorre a absorção de toda a água de que o organismo necessita para sobreviver.
c) A remoção do intestino grosso seria mais drástica, pois nele ocorre a maior parte da absorção dos produtos do processo digestório.
d) A remoção do intestino grosso seria mais drástica, pois nele ocorre a absorção de toda a água de que o organismo necessita para sobreviver.
e) As duas remoções seriam igualmente drásticas, pois, tanto no duodeno quanto no intestino grosso, ocorrem digestão e absorção de nutrientes e de água.

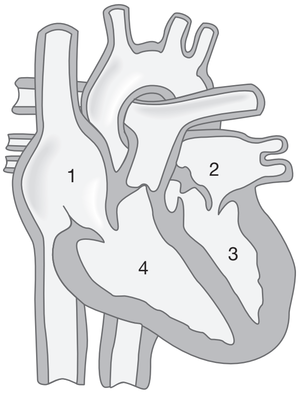
4. (Unifesp) O tratamento da leucemia por meio dos transplantes de medula óssea tem por princípio a transferência de células-tronco da medula de um indivíduo sadio para o indivíduo afetado. Tal procedimento fundamenta-se no fato de que essas células-tronco: 4. e

a) podem ser usadas para a clonagem de células sadias do paciente.
b) não serão afetadas pela doença, já que foram diferenciadas em outra pessoa.
c) secretam substâncias que inibem o crescimento celular.
d) podem dar origem a linfócitos T, que, por sua vez, ingerem os leucócitos em excesso.
e) podem dar origem a todos os diferentes tipos de células sanguíneas.

5. (Vunesp) Enquanto coletava plantas para a aula de botânica, Pedrinho acidentalmente perfurou o dedo com um espinho. Antes mesmo que providenciasse um curativo, percebeu que o sangue parara de escorrer pela pele perfurada. A formação de coágulo que estancou o sangue ocorreu porque: 5. a

a) o fibrinogênio converteu-se em fibrina, por ação da enzima trombina.
b) a fibrina converteu-se em fibrinogênio, por ação da enzima tromboplastina.
c) a tromboplastina converteu-se em fibrina, por ação da enzima trombina.
d) a protrombina converteu-se em trombina, por ação da enzima fibrina.
e) a trombina converteu-se em fibrinogênio, por ação da enzima tromboplastina.

6. (Unesp) O esquema representa uma visão interna do coração de um mamífero.



ADILSON SECCO

Considerando-se a concentração de gás oxigênio presente no sangue contido nas cavidades 1, 2, 3 e 4, pode-se dizer que: 6. b

a) $2 = 3 < 1 = 4$.
b) $2 = 3 > 1 = 4$.
c) $2 = 1 > 3 = 4$.
d) $2 > 3 = 1 > 4$.
e) $2 < 3 = 1 < 4$.

7. (UFRN) Uma das principais consequências da doença de Chagas é a insuficiência cardíaca, que ocasiona o crescimento do coração. Em situações normais, o ritmo do coração é assegurado por processos cíclicos de 7. b

a) contração atrial esquerda, devido à saída de sangue para a artéria aorta.
b) sístole dos dois átrios e completo preenchimento de sangue nos ventrículos.
c) relaxamento simultâneo das cavidades direitas e saída de sangue para o pulmão.
d) diástole do ventrículo esquerdo, permitindo a entrada de sangue diretamente da veia cava.

8. (UFMG) A Campanha Nacional de Vacinação do Idoso, instituída pelo Ministério da Saúde do Brasil, vem se revelando uma das mais abrangentes dirigidas à população dessa faixa etária. Além da vacina contra a gripe, os postos de saúde estão aplicando, também, a vacina contra pneumonia pneumocócica. É correto afirmar que essas vacinas protegem porque: 8. c

a) são constituídas de moléculas recombinantes.
b) contêm anticorpos específicos.
c) induzem resposta imunológica.
d) impedem mutações dos patógenos.

9. (Ufal) "No homem, os produtos de excreção, resultantes do metabolismo, chegam ao fígado sob a forma de I e, nesse órgão, são transformados em II." Para completar corretamente a frase acima, basta substituir I e II, respectivamente, por 9. a

a) amônia e ureia.
b) ureia e amônia.
c) amônia e ácido úrico.
d) ureia e ácido úrico.
e) ácido úrico e ureia.

10. (Fuvest-SP) Uma pessoa passará a excretar maior quantidade de ureia se aumentar, em sua dieta alimentar, a quantidade de 10. e

a) amido.
b) cloreto de sódio.
c) glicídios.
d) lipídios.
e) proteínas.

11. (Enem-MEC) O índice de massa corpórea (IMC) é uma medida que permite aos médicos fazer uma avaliação preliminar das condições físicas e do risco de uma pessoa desenvolver certas doenças, conforme mostra a tabela a seguir.

IMC	Classificação	Risco de doença
Menos de 18,5	Magreza	Elevado
Entre 18,5 e 24,9	Normalidade	Baixo
Entre 25 e 29,9	Sobrepeso	Elevado
Entre 30 e 39,9	Obesidade	Muito elevado
40 ou mais	Obesidade grave	Muitíssimo elevado

Internet: <www.somatematica.com.br>

Considere as seguintes informações a respeito de João, Maria, Cristina, Antônio e Sérgio.

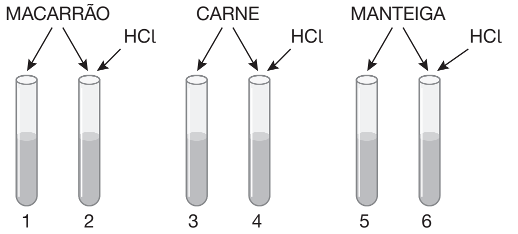
Nome	Massa corporal (kg)	Altura (m)	IMC
João	113,4	1,80	35
Maria	45	1,50	20
Cristina	48,6	1,80	15
Antônio	63	1,50	28
Sérgio	115,2	1,80	45

Os dados das tabelas indicam que: 11. c

a) Cristina está dentro dos padrões de normalidade.
b) Maria está magra, mas não corre risco de desenvolver doenças.
c) João está obeso e o risco de desenvolver doenças é muito elevado.
d) Antônio está com sobrepeso e o risco de desenvolver doenças é muito elevado.
e) Sérgio está com sobrepeso, mas não corre risco de desenvolver doenças.

Questões discursivas

12. (Fuvest-SP) Uma enzima, extraída da secreção de um órgão abdominal de um cão, foi purificada, dissolvida em uma solução fisiológica com pH 8 e distribuída em seis tubos de ensaio. Nos tubos 2, 4 e 6, foi adicionado ácido clorídrico (HCl), de modo a se obter um pH final em torno de 2. Nos tubos 1 e 2 foi adicionado macarrão; nos tubos 3 e 4, foi adicionada carne; nos tubos 5 e 6, foi adicionada manteiga. Os tubos foram mantidos por duas horas à temperatura de 36 °C. Ocorreu digestão apenas no tubo 1.



ADILSON SECCO

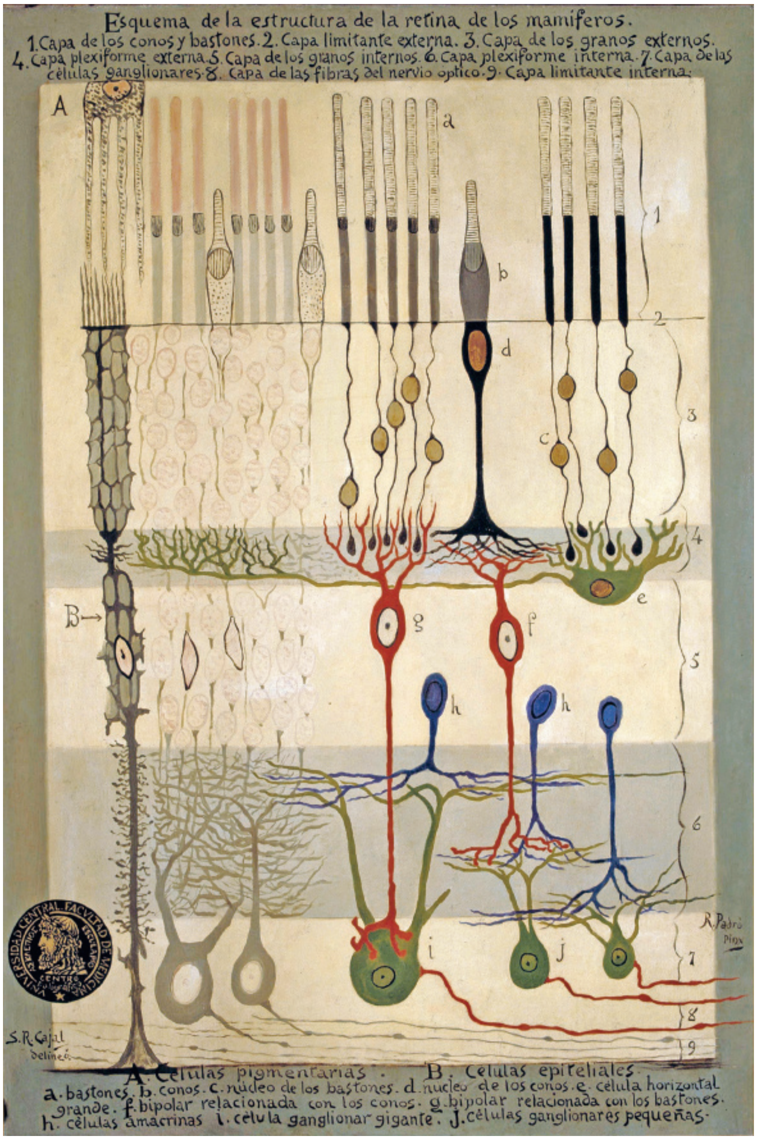
a) Qual foi o órgão do animal utilizado na experiência?
b) Que alteração é esperada na composição química da urina de um cão que teve esse órgão removido cirurgicamente? Por quê?
c) Qual foi a substância que a enzima purificada digeriu?

13. (UFRRJ) A palavra respiração é utilizada para descrever dois processos distintos, porém interdependentes, que ocorrem em nível pulmonar e celular. Descreva como estes fenômenos estão relacionados.

14. (UFG-GO) As respostas imunológicas constituem mecanismos de defesa vitais para os organismos. A esse respeito,

a) explique a diferença entre a resposta ativa e a passiva;
b) apresente um exemplo de imunização ativa artificial e um de imunização passiva natural.

Capítulo 11 Integração e controle corporal


Esquema de la estructura de la retina de los mamiferos.
1. Capa de los conos y bastones. 2. Capa limitante externa. 3. Capa de los granos externos. 4. Capa plexiforme externa. 5. Capa de los granos internos. 6. Capa plexiforme interna. 7. Capa de las células ganglionares. 8. Capa de las fibras del nervio optico. 9. Capa limitante interna.
A
a
b
d
c
e
g
f
h
h
i
j
B→
1
2
3
4
5
6
7
8
9
R. Padró Pijoan
S. R. Cajal delineó.
A. Células pigmentarias. B. Células epiteliales.
a. bastones. b. conos. c. núcleo de los bastones. d. nucleo de los conos. e. célula horizontal grande. f. bipolar relacionada con los conos. g. bipolar relacionada con los bastones. h. células amacrinas i. célula ganglionar gigante. j. células ganglionares pequeñas.

SFGP/ALBUM ART/LATINSTOCK – COLEÇÃO PARTICULAR

Esquema histológico da retina de mamífero feito pelo neurocientista espanhol Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), laureado com o Prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia em 1906 por seus estudos pioneiros sobre o sistema nervoso.

Década do cérebro: o fim de um começo[1]

“Vivemos os anos finais da ‘década do cérebro’, assim proclamada pelo presidente [George H. W.] Bush no congresso dos EUA, no início dos anos [19]90, para enfatizar o potencial de cientistas em fazer descobertas importantes relacionadas ao funcionamento do cérebro.

Nesse período, as entidades governamentais americanas têm dedicado alta taxa orçamentária ao estudo do sistema nervoso; as instituições de ensino, por sua vez, pagam menos impostos por financiar essa investigação, e os órgãos de fomento à pesquisa conferem grande credibilidade e aprovação àqueles pesquisadores que se propõem a investigar os processos neurais que poderão contribuir para o entendimento da atividade do cérebro e da mente investigados por meio de métodos científicos.

---

[1] CARDOSO, S. H. Década do cérebro: o fim de um começo. Revista eletrônica *Cérebro & Mente*, n. 2, ago. 1997. Leia o artigo na íntegra, disponível em: <www.cerebromente.org.br/n02/editori2.htm>. Acesso em: fev. 2016.

A pesquisa e o interesse em neurociências têm crescido em resposta à necessidade de, não somente entender os processos neuropsicobiológicos normais, mas também ajudar àqueles que sofrem de distúrbios neurológicos. A necessidade para o estudo continuado do cérebro é convincente: centenas de milhões de pessoas ao redor do mundo são afetadas, a cada ano, por distúrbios cerebrais, estendendo-se desde doenças neurogenéticas até transtornos degenerativos, como doença de Alzheimer, por isquemia cerebral hemorrágica (derrame), por esquizofrenia, por autismo, por déficits de fala e de audição, por abuso de drogas, por epilepsia e por outros distúrbios ameaçadores da vida.

Para tratar tais desordens será necessário ter um conhecimento geral de todo o sistema nervoso, entendendo as estruturas nervosas e os mecanismos bioeletroquímicos expressos pelos diferentes tipos de neurônios. Nós devemos considerar como as células nervosas trabalham, como elas são organizadas em redes, como se comunicam umas com as outras, como as conexões entre neurônios mudam com a experiência.

Avanços notáveis têm sido feitos. Correlações intrigantes têm emergido entre os atributos mentais e os padrões de impulsos nervosos. O progresso tecnológico em muitas áreas tem contribuído para um avanço impressionante no estudo e entendimento das funções cerebrais. [...]

A década contemplada para os estudos do cérebro está próxima do fim. Entretanto, nós temos ainda muito que aprender. Compreendemos que o desenvolvimento de técnicas químicas e eletrônicas que têm permitido explorar o cérebro em ínfimas minúcias é extraordinário, mas ele apenas se constitui em um começo do entendimento sobre como os processos neurais se integram com os estados mentais. A década do cérebro é contínua com alguns séculos de árdua investigação sobre a relação cérebro-mente. René Descartes, há mais de três séculos, levantou uma questão que ainda continua palpitante no final desta década: Como a mente não material influencia o cérebro e vice-versa?"

A importância do assunto

Nesta apresentação, optamos por reproduzir parte do texto da Dra. Silvia Helena Cardoso. Além de trazer aspectos do desenvolvimento das chamadas "neurociências", o texto afirma que o progresso tecnológico tem contribuído para o progresso desse ramo do conhecimento, mas que a investigação sobre a relação entre cérebro e mente é contínua e está apenas começando.

No primeiro item do capítulo, vamos estudar o sistema nervoso humano, no qual reside a parcela mais substancial de nossa humanidade. No segundo item, abordaremos os principais sentidos humanos, com os quais percebemos tanto o ambiente externo como as condições internas de nosso corpo. Por último, estudaremos o sistema endócrino, com destaque para os hormônios encarregados de ajustar nosso metabolismo.

O estudo deste capítulo representa mais um pequeno passo rumo à compreensão de nós mesmos como seres vivos e como pessoas individuais, históricas e sociais.

11.1 Sistema nervoso

Cada um de nós identifica, a todo momento, dezenas de informações colhidas do ambiente não apenas pelos órgãos dos sentidos externos – olhos, orelhas, nariz, boca, pele –, mas também por receptores situados no interior de nosso corpo, que detectam, por exemplo, o grau de acidez do sangue, a temperatura corporal e a pressão arterial, entre outros. Nosso sistema nervoso centraliza todas essas informações e define as respostas que daremos a elas; algumas são relativamente simples e automáticas, como as que ajustam a frequência cardíaca ou a temperatura corporal, enquanto outras são ações complexas e muitas vezes planejadas.

Há quem compare o sistema nervoso a uma rede de comunicação, em que sinais captados por sensores (os sentidos) são transmitidos para uma "estação central" na forma de pulsos elétricos; estes viajam com rapidez por cabos transmissores, as fibras nervosas.

O **sistema nervoso** humano, assim como o de outros vertebrados, pode ser dividido em dois grandes ramos: **sistema nervoso central** (SNC) e **sistema nervoso periférico** (SNP). O SNC é composto do encéfalo e da medula espinal, nos quais informações são interpretadas e a ação nervosa é coordenada e desencadeada; o SNP é composto de nervos e gânglios nervosos, que estabelecem as pontes de comunicação entre os sentidos, o SNC e os órgãos de resposta, principalmente músculos e glândulas.

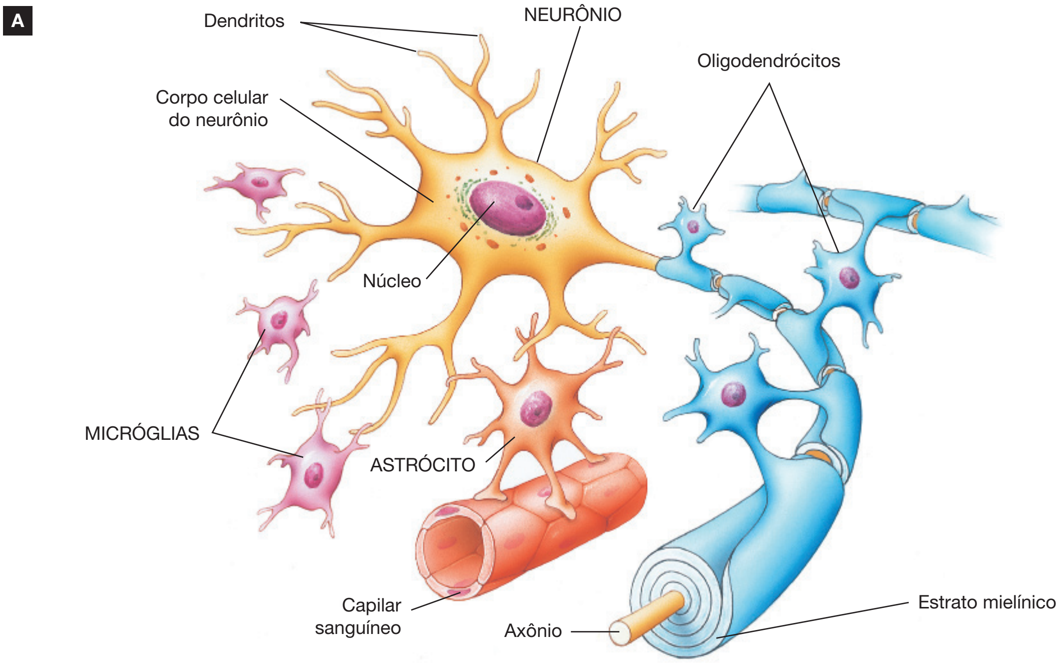
Na obra, tentamos nos restringir às informações mínimas, porém necessárias, ainda que possam parecer excessivas. Recomendamos que o nível de detalhamento das informações seja definido com base em suas próprias metas e prioridades.

O tecido nervoso

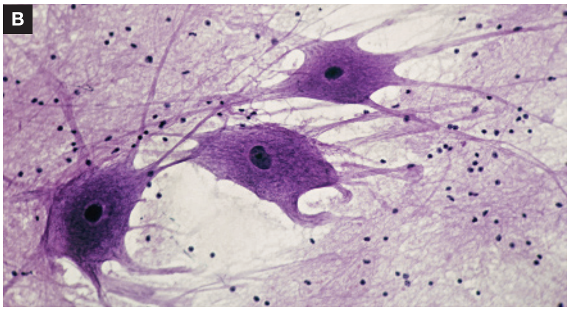
A descoberta das **células nervosas** se deu graças aos trabalhos de dois citologistas: o espanhol Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) e o italiano Camillo Golgi (1843-1926). Ambos desenvolveram uma técnica de coloração que possibilitou a identificação das células nervosas e da organização do tecido nervoso formado basicamente por neurônios e gliócitos.

Neurônios são células especializadas na condução de pulsos elétricos, os impulsos nervosos. O neurônio é constituído por uma porção volumosa, o **corpo celular**, no qual se localizam a maior parte do citoplasma e o núcleo, e por prolongamentos citoplasmáticos longos e finos genericamente denominados **neurofibras**. Os neurônios apresentam dois tipos de neurofibra: um **axônio**, geralmente longo, com apenas a extremidade ramificada, e um ou mais **dendritos**, neurofibras mais curtas e bem ramificadas. A função das neurofibras é conduzir impulsos nervosos e transmiti-los para outras células, de modo que integrem e coordenem diversas funções corporais.

Gliócitos, também chamados **células gliais**, auxiliam, protegem e nutrem os neurônios. Há diversos tipos de gliócitos, entre os quais se destacam os oligodendrócitos, as células de Schwann, os astrócitos e as micróglias. Os oligodendrócitos e as células de Schwann formam uma "capa" sobre certas neurofibras, o **estrato mielínico**, que protege e auxilia no funcionamento dos neurônios. (Fig. 11.1)



JURANDIR RIBEIRO



ED RESCHKE/PHOTOLIBRARY/GETTY IMAGES

Figura 11.1 A. Representação esquemática de parte de um neurônio e de gliócitos, alguns deles responsáveis pela formação do estrato mielínico ao redor do axônio. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) **B.** Fotomicrografia de corte de medula espinal mostrando neurônios – células grandes de formato estrelado – e gliócitos, com núcleos celulares pequenos. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 500×; cores artificiais.)

Amplie seus conhecimentos

Como se propagam os impulsos nervosos

A superfície interna da membrana plasmática de um neurônio em repouso, isto é, que não foi estimulado, é eletricamente negativa em relação ao exterior. Essa diferença de potencial elétrico entre as duas faces da membrana plasmática, chamada **potencial de repouso**, é da ordem de −70 mV (milivolts).

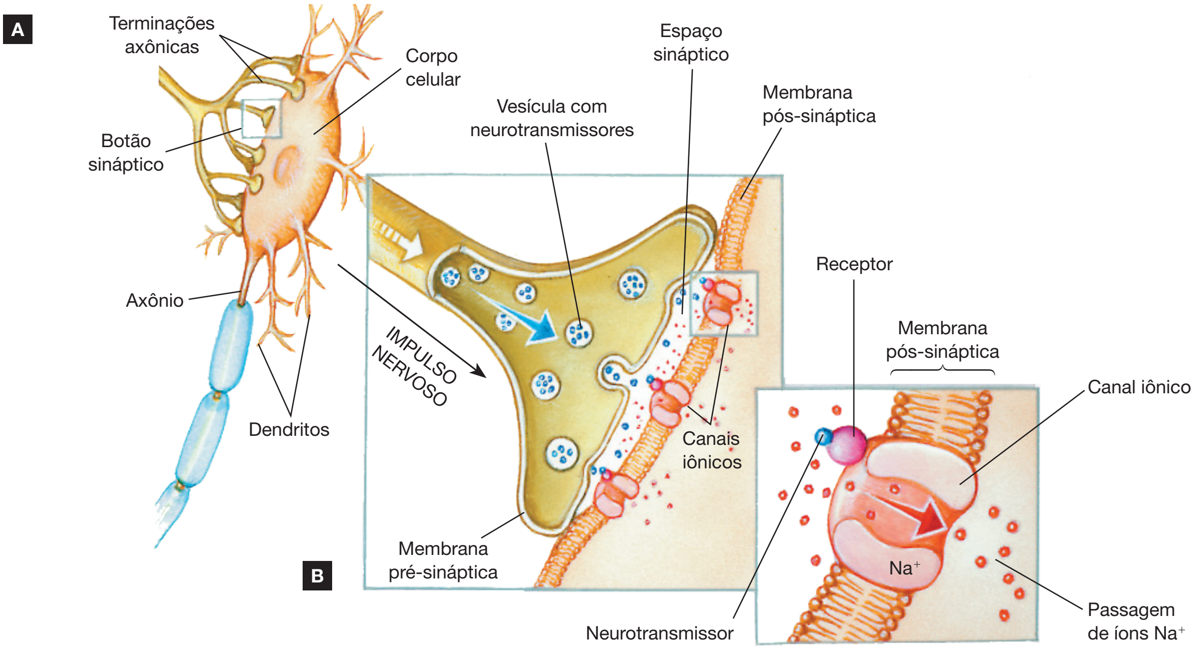
Quando o neurônio é estimulado, a permeabilidade da membrana aos íons de sódio (Na^+) e de potássio (K^+) sofre uma mudança brusca na região celular estimulada; como consequência, a diferença de potencial entre as superfícies interna e externa da membrana passa dos −70 mV da situação de repouso para +40 mV. Essa alteração elétrica localizada é chamada **despolarização** da membrana e a inversão de potencial elétrico entre as duas faces é o **potencial de ação**.

O potencial de ação dura cerca de 0,0015 segundo no local despolarizado e a situação de repouso é rapidamente restabelecida. No entanto, a área que se despolarizou estimula a despolarização da área vizinha e o fenômeno se repete, propagando-se até as extremidades do axônio. A propagação do potencial de ação ao longo do neurônio é o **impulso nervoso**, que geralmente ocorre em um único sentido: dos dendritos para o corpo celular e deste para o axônio.

Ao atingir a extremidade de um axônio, o impulso nervoso deve ser transmitido para outra célula (pós-sináptica), que pode ser outro neurônio ou uma célula muscular. A região de proximidade entre a extremidade de um axônio e a célula vizinha, por onde se dá a transmissão do impulso nervoso, é a **sinapse nervosa** (do grego *synapsis*, ação de juntar).

A transmissão do impulso nervoso pelo estreito espaço que separa a extremidade de um axônio da membrana da célula pós-sináptica, entre 10 nm e 50 nm, dá-se por meio de **neurotransmissores**, ou mediadores químicos. Essas substâncias ficam armazenadas em bolsas (vesículas) membranosas nas extremidades axônicas e são liberadas no espaço sináptico quando o impulso nervoso chega a essa região.

Os neurotransmissores liberados no espaço sináptico ligam-se a proteínas receptoras da membrana da célula pós-sináptica, gerando nela um novo impulso nervoso, caso se trate de um neurônio, ou um estímulo para contração, caso se trate de uma célula muscular. Os cientistas já identificaram dezenas de substâncias que atuam como neurotransmissores; entre elas, destacam-se a acetilcolina, a adrenalina (ou epinefrina), a noradrenalina (ou norepinefrina), a dopamina e a serotonina.



ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

A. Representação esquemática de sinapses entre as terminações axônicas de um neurônio e o corpo celular de outro. **B.** Extremidade axônica (botão sináptico) em corte; os neurotransmissores ficam armazenados em bolsas membranosas (vesículas). (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Sistema nervoso central

O encéfalo e a medula espinal compõem o **sistema nervoso central** (SNC), cuja função é interpretar as informações captadas pelos órgãos sensoriais e elaborar respostas adequadas, enviando-as aos músculos, principais responsáveis pelas ações nervosas.

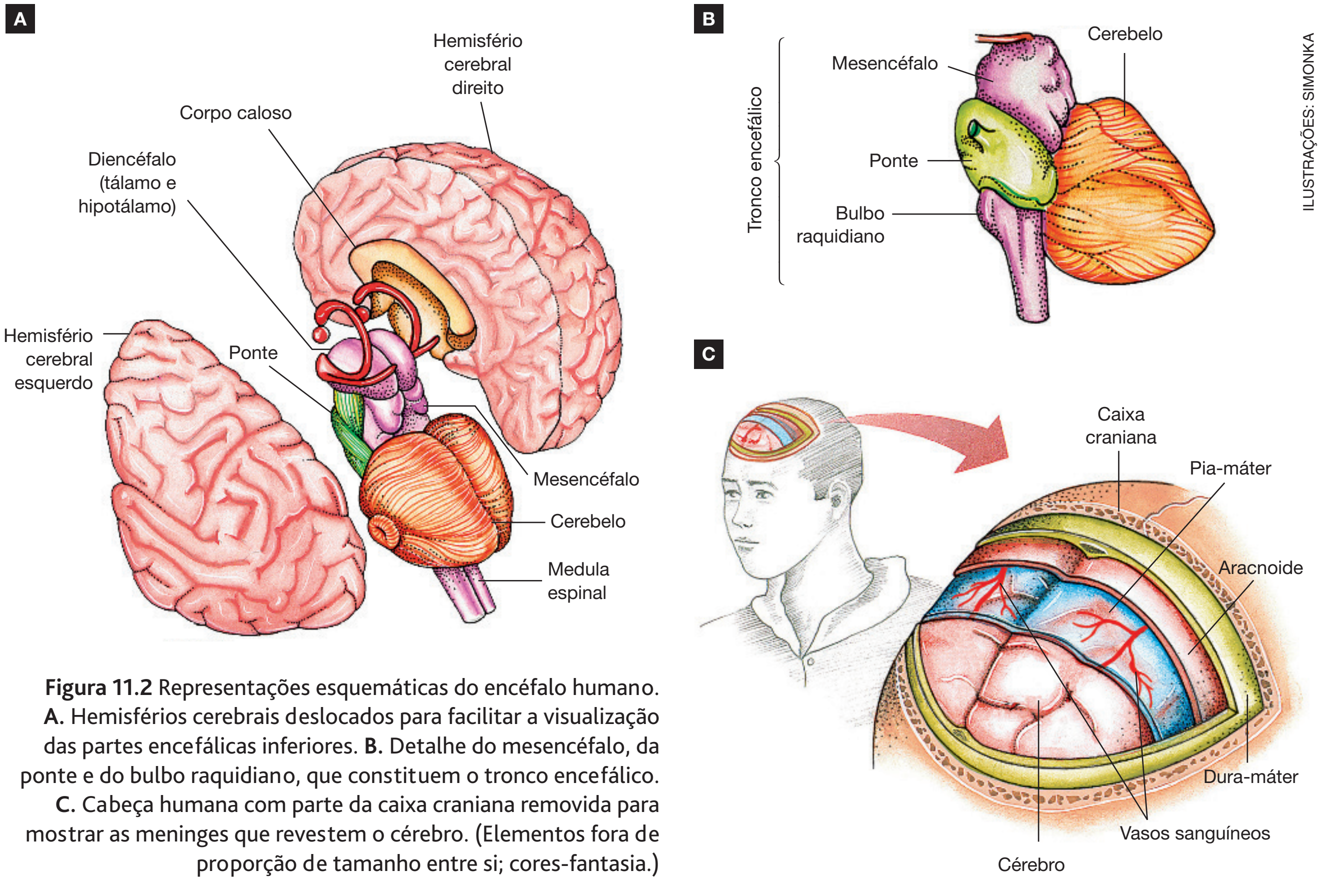
Encéfalo

O **encéfalo** forma-se no início do desenvolvimento do organismo a partir da dilatação da parte anterior do tubo nervoso embrionário. Ao longo do desenvolvimento, a região encefálica diferencia-se em diversas partes: hemisférios cerebrais, diencéfalo, mesencéfalo, ponte, cerebelo e bulbo raquidiano. O encéfalo é protegido pela caixa craniana e, em uma pessoa adulta, tem cerca de 1,4 kg. Sua região mais posterior, o bulbo raquidiano, situa-se em continuidade à medula espinal, alojada no interior do canal existente na coluna vertebral.

O encéfalo e a medula espinal são revestidos por três membranas de tecido conjuntivo sobrepostas, as **meninges** (dura-máter, aracnoide e pia-máter). O espaço delimitado pelas meninges é preenchido pelo líquido cerebrospinal, ou líquido cefalorraquidiano, cuja principal função é amortecer eventuais choques do encéfalo e da medula espinal contra os ossos que os envolvem, além de transportar certas substâncias de importância para o sistema nervoso. (Fig. 11.2)

A parte mais desenvolvida do encéfalo humano é o **cérebro**, que compõe entre 85% e 90% da massa encefálica presente no crânio. Sua superfície é intensamente pregueada e marcada por sulcos e depressões chamadas circunvoluções cerebrais. Um profundo sulco longitudinal divide quase completamente o cérebro nos hemisférios cerebrais direito e esquerdo.

A camada mais externa dos hemisférios cerebrais, cuja espessura varia de 1 cm a 2 cm, é o **córtex cerebral**, formado por mais de 20 bilhões de corpos celulares de neurônios. A região mais interna dos hemisférios cerebrais é constituída principalmente por neurofibras (dendritos e axônios) que levam informações ao córtex e trazem dele informações para serem analisadas. Alguns dos sulcos mais profundos dos hemisférios delimitam áreas conhecidas como **lobos cerebrais**, que coordenam funções específicas.


A
Hemisfério cerebral direito
Corpo caloso
Diencéfalo (tálamo e hipotálamo)
Hemisfério cerebral esquerdo
Ponte
Mesencéfalo
Cerebelo
Medula espinal
B
Tronco encefálico
Mesencéfalo
Cerebelo
Ponte
Bulbo raquidiano
C
Caixa craniana
Pia-máter
Aracnoide
Dura-máter
Vasos sanguíneos
Cérebro

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Figura 11.2 Representações esquemáticas do encéfalo humano. **A.** Hemisférios cerebrais deslocados para facilitar a visualização das partes encefálicas inferiores. **B.** Detalhe do mesencéfalo, da ponte e do bulbo raquidiano, que constituem o tronco encefálico. **C.** Cabeça humana com parte da caixa craniana removida para mostrar as meninges que revestem o cérebro. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

O cérebro humano é o centro da inteligência e da aprendizagem. Apesar de corresponder a apenas 2% da massa corporal, o cérebro demanda mais de 17% do sangue bombeado pelo coração e utiliza cerca de 20% do gás oxigênio inalado.

Um dos componentes do diencéfalo, o **tálamo**, é formado por duas massas ovoides, ricas em corpos celulares de neurônios, encaixadas na base do cérebro. Todas as mensagens sensoriais, com exceção das provenientes dos receptores de olfato, passam pelo tálamo antes de atingir o córtex cerebral. O papel do tálamo é atuar como estação integradora e retransmissora de impulsos nervosos para o córtex cerebral, direcionando-os para áreas apropriadas do cérebro, onde são processadas. Ele também parece exercer um papel importante na regulação do estado de consciência, alerta e atenção.

O **hipotálamo** é uma estrutura pequena localizada sob o tálamo. Apesar de relativamente pequeno, é uma região encefálica importante na homeostase corporal, isto é, no ajuste às variações externas e internas ao corpo. Entre outras funções, ele controla a temperatura corporal, o apetite e o equilíbrio hídrico no corpo, além de ser o principal centro da expressão emocional e do comportamento sexual. O hipotálamo também participa da ativação de diversas glândulas produtoras de hormônios, como veremos mais adiante ao tratar do sistema endócrino.

O **mesencéfalo**, localizado em sequência ao tálamo e hipotálamo, está envolvido principalmente na recepção e coordenação de informações sobre o grau de contração dos músculos (tônus muscular) e sobre a postura corporal.

A **ponte**, constituída principalmente por fibras nervosas que ligam o córtex cerebral ao cerebelo, contém também centros nervosos coordenadores da movimentação dos olhos, do pescoço e de várias partes do corpo. Além disso, essa parte do encéfalo está relacionada à postura corporal correta, ao equilíbrio do corpo e ao tônus muscular.

O **cerebelo**, localizado entre a parte posterior do cérebro e a ponte, está conectado ao tálamo, ao tronco encefálico e à medula espinal por numerosas fibras nervosas. Além de informações auditivas e visuais, ele recebe informações de diversas partes do encéfalo e da medula espinal sobre a posição das articulações e o grau de estiramento dos músculos. Com base nisso, coordena os movimentos e orienta a postura corporal.

O **bulbo raquidiano**, também chamado de medula oblonga, é a última porção do encéfalo, conectando-o à medula espinal. Nele estão localizados importantes centros controladores de funções vitais, como os que regulam os batimentos cardíacos e os movimentos respiratórios.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Medula espinal

A **medula espinal** é um cordão cilíndrico alojado ao longo da coluna vertebral, no canal formado pelas perfurações sequenciais das vértebras. Com cerca de 1 cm a 1,7 cm de diâmetro, a medula é revestida externamente pelas três meninges. O centro medular é percorrido por um canal no qual circula o líquido cefalorraquidiano, também presente no espaço entre as duas meninges mais internas. (Fig. 11.3)

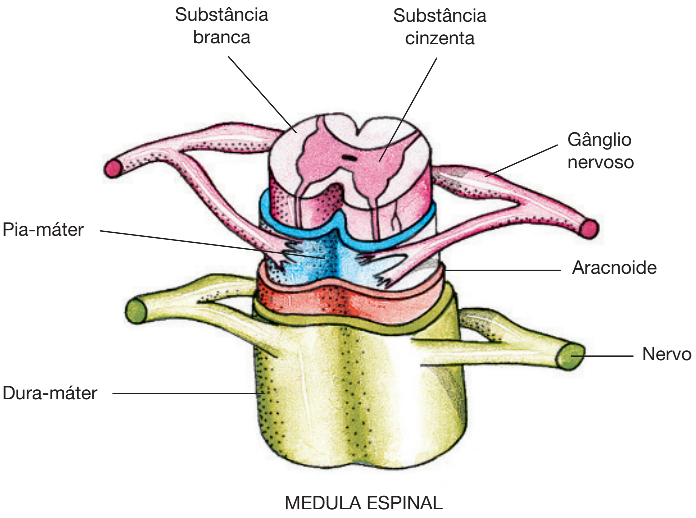


Figura 11.3 Representação esquemática de parte da medula espinal mostrando as três meninges (dura-máter, aracnoide e pia-máter) e as raízes de nervos, algumas delas com gânglios nervosos. A substância cinzenta é constituída principalmente por corpos de neurônios, e a substância branca, por fibras nervosas. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

SIMONKA

A medula espinal retransmite ao encéfalo informações colhidas nas diversas partes do corpo. A maior parte das ordens elaboradas no encéfalo também passa pela medula antes de chegar a seus destinos.

Além de intermediar a comunicação do corpo com o encéfalo, a medula espinal elabora respostas simples para certos estímulos, como a que nos faz retirar a mão rapidamente quando tocamos um objeto muito quente. Respostas medulares como essas nos permitem reagir rapidamente em situações de emergência, antes mesmo de ter consciência do que está ocorrendo.

Sistema nervoso periférico

O **sistema nervoso periférico** (SNP) é constituído por nervos e gânglios nervosos. **Nervos** são estruturas filamentosas formadas por neurofibras que partem do encéfalo e da medula espinal e atingem as diversas partes do corpo. **Gânglios nervosos** são dilatações presentes em certos nervos que contêm corpos celulares de neurônios, de onde partem fibras nervosas componentes desses nervos.

De acordo com a região do sistema nervoso central à qual se ligam, os nervos são classificados como: **nervos cranianos**, que conectam o encéfalo a órgãos dos sentidos e a músculos, e **nervos espinais**, ou **raquidianos**, que conectam a medula espinal a células sensoriais e músculos. Os seres humanos têm 12 pares de nervos cranianos e 31 pares de nervos raquidianos.

Os nervos espinais conectam-se à medula espinal por espaços existentes entre as vértebras. Em cada espaço intervertebral há um par de nervos espinais, um de cada lado da coluna vertebral. Cada nervo liga-se à medula por dois conjuntos de fibras nervosas, as raízes do nervo. Um conjunto parte da região dorsal da medula espinal (raiz dorsal do nervo espinal) e o outro, da região ventral (raiz ventral do nervo espinal).

A raiz dorsal de um nervo espinal é formada somente por **neurônios sensitivos**, que conduzem impulsos nervosos de órgãos sensitivos até o SNC, enquanto a raiz ventral é formada somente por **neurônios motores**, que conduzem impulsos nervosos do SNC aos músculos. Se a raiz dorsal de um nervo espinal for lesada, a parte do corpo que ele inerva perderá a sensibilidade, sem sofrer, porém, paralisia muscular. Por outro lado, se houver lesão apenas na raiz ventral de um nervo espinal, ocorrerão paralisia e atrofia dos músculos inervados, porém sem perda das sensações de pressão, temperatura, dor etc. O vírus da poliomielite, doença conhecida como paralisia infantil, afeta preferencialmente as raízes ventrais dos nervos espinais, levando à falta de estimulação nervosa e à consequente atrofia muscular dos membros inervados pelos nervos afetados.

Na raiz dorsal de cada nervo espinal há um gânglio nervoso, no qual se localizam os corpos celulares dos neurônios sensitivos. Os corpos celulares dos neurônios motores ficam dentro da medula espinal, constituindo a substância cinzenta medular. (Fig. 11.4)

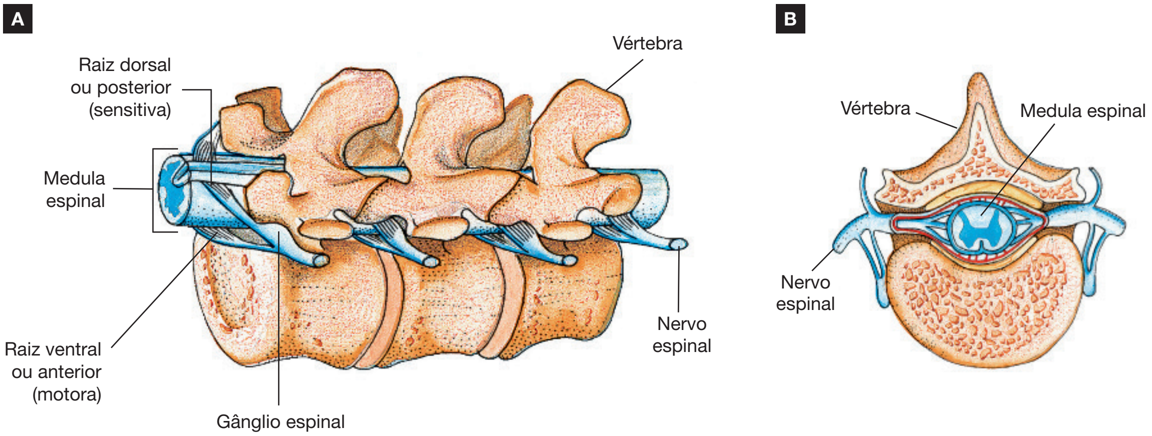


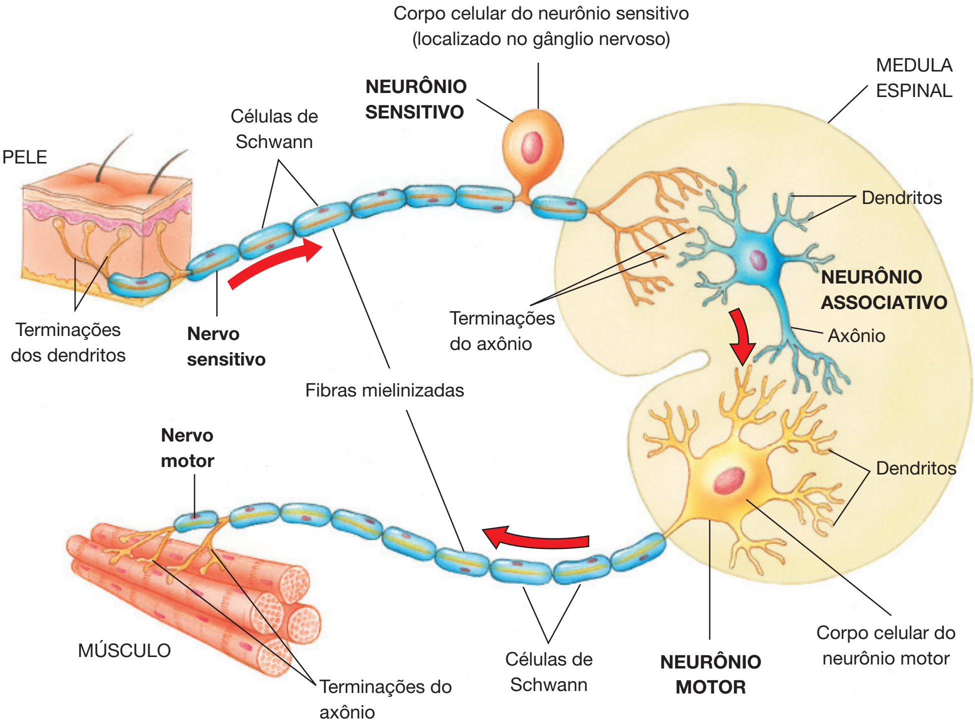
Figura 11.4 Representações esquemáticas de porção da coluna vertebral mostrando vértebras e parte da medula espinal. **A**. Vista lateral. **B**. Vista em corte transversal. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Respostas reflexas medulares

Como já mencionamos, a medula espinal é capaz de elaborar respostas rápidas para situações de emergência. Essas respostas elaboradas sem interferência do encéfalo são as **respostas reflexas medulares**, também chamadas arco reflexos. Uma resposta reflexa medular é o **reflexo patelar**, testado pelo médico ao bater com um martelinho no joelho do paciente. Nesse reflexo tomam parte apenas um neurônio sensitivo, que leva o impulso nervoso gerado pela batida até a medula espinal, e um neurônio motor, que conduz o impulso medular até o músculo da coxa, provocando sua contração.

A maioria das respostas reflexas medulares é mais complexa que o reflexo patelar e envolve um terceiro tipo de neurônio, o **neurônio associativo**. Este se localiza no interior da medula espinal e conecta o neurônio sensitivo e o neurônio motor participantes da resposta reflexa. Além de estimular os neurônios motores responsáveis pela ação reflexa, o neurônio associativo também estimula neurônios que conduzem impulsos ao encéfalo, permitindo a tomada de consciência do ocorrido. Esse tipo de resposta reflexa ocorre, por exemplo, quando tocamos o dedo em um objeto pontiagudo. (Fig. 11.5)



Corpo celular do neurônio sensitivo (localizado no gânglio nervoso)
MEDULA ESPINAL
NEURÔNIO SENSITIVO
Células de Schwann
PELE
Dendritos
NEURÔNIO ASSOCIATIVO
Axônio
Terminações dos dendritos
Nervo sensitivo
Terminações do axônio
Fibras mielinizadas
Nervo motor
Dendritos
Corpo celular do neurônio motor
MÚSCULO
Células de Schwann
NEURÔNIO MOTOR
Terminações do axônio
JURANDIR RIBEIRO

Figura 11.5 Representação esquemática de um arco reflexo. As setas vermelhas indicam o sentido da transmissão do impulso nervoso. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Divisão funcional do sistema nervoso periférico

Diversas atividades do sistema nervoso humano são conscientes e estão sob o controle de nossa vontade. Pensar, movimentar um braço ou mudar a expressão facial são exemplos de atividades voluntárias. Outras ações, porém, são automáticas e ocorrem independentemente de nossa vontade, sendo, por isso, denominadas atividades autônomas, ou involuntárias. Exemplos de atividades autônomas são os batimentos do coração e o peristaltismo do trato digestório.

As ações voluntárias resultam da contração de músculos estriados esqueléticos, que estão sob o controle do sistema nervoso periférico somático (SNP somático). As ações autônomas, por sua vez, resultam da contração da musculatura não estriada (lisa) e da musculatura cardíaca, controladas pelo sistema nervoso periférico autônomo (SNP autônomo).

O **SNP somático** tem ramos sensitivos e motores. Os primeiros conduzem estímulos provenientes do ambiente externo ou interno ao sistema nervoso central e os ramos motores levam impulsos nervosos do SNC aos músculos estriados esqueléticos.

O **SNP autônomo** (SNPA), exclusivamente motor, estimula a musculatura lisa de diversos órgãos (vísceras e vasos sanguíneos) e a musculatura do coração (miocárdio). Ele é dividido em dois ramos: **SNPA simpático** e **SNPA parassimpático**. As neurofibras nervosas simpáticas e parassimpáticas controlam os mesmos órgãos, mas trabalham em oposição: enquanto um dos ramos estimula determinado órgão, o outro o inibe.

De modo geral, o SNPA simpático estimula ações que mobilizam energia, permitindo ao organismo responder a situações de estresse. Por exemplo, ele é responsável pela aceleração dos batimentos cardíacos, pela elevação da pressão sanguínea, pelo aumento da concentração de açúcar no sangue e pela ativação do metabolismo geral do corpo. O SNPA parassimpático, por sua vez, estimula principalmente atividades mais relaxantes, como a redução do ritmo cardíaco e da pressão sanguínea e o aumento das secreções estomacais e intestinais que agem nos processos digestivos.

O SNPA simpático é constituído por nervos espinais que partem das regiões torácica e lombar da medula espinal. O SNPA parassimpático, por sua vez, é formado por nervos cranianos e por nervos espinais que partem da região final (sacral) da medula espinal. (Fig. 11.6)

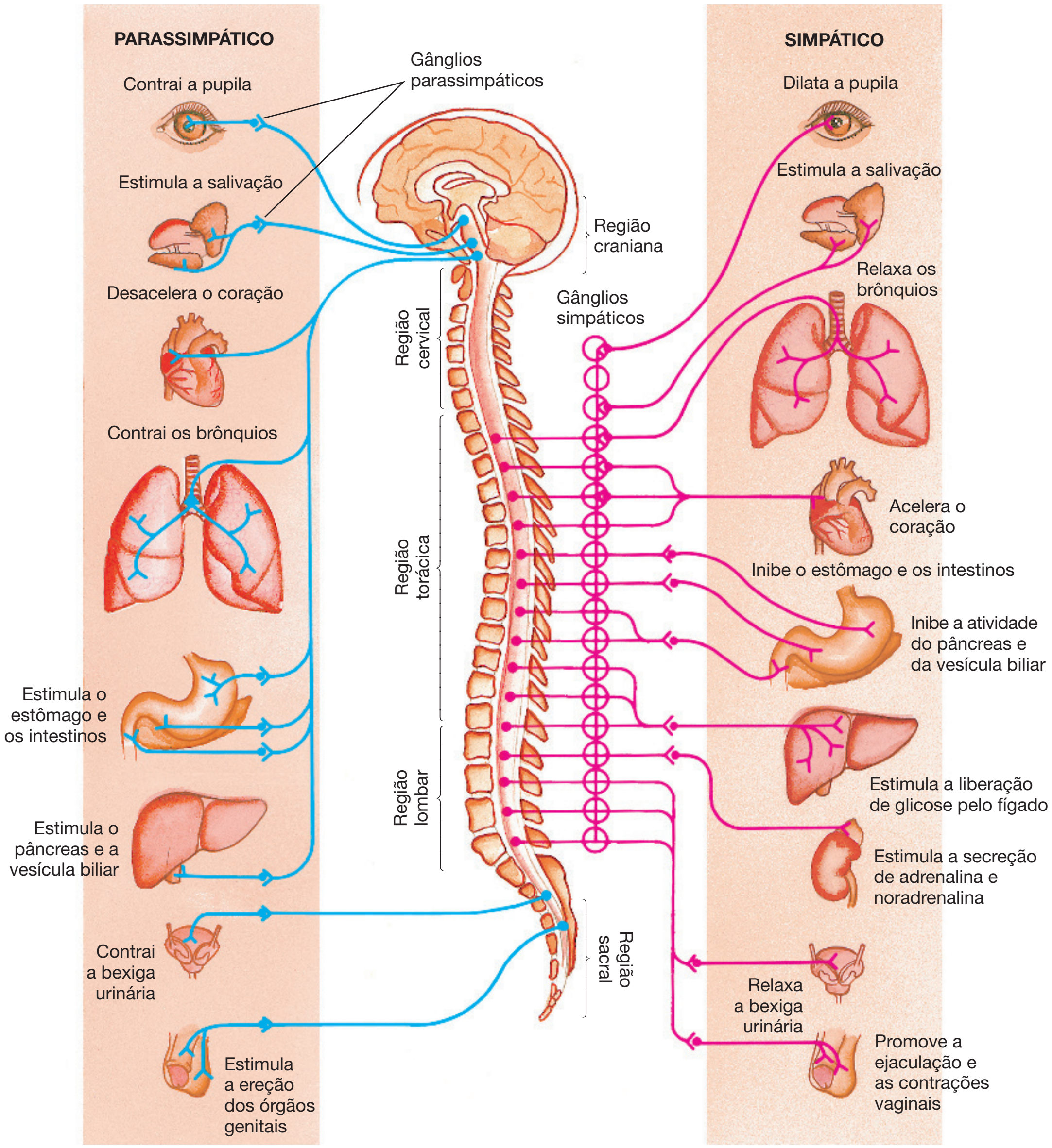

PARASSIMPÁTICO
Contrai a pupila
Estimula a salivação
Desacelera o coração
Contrai os brônquios
Estimula o estômago e os intestinos
Estimula o pâncreas e a vesícula biliar
Contrai a bexiga urinária
Estimula a ereção dos órgãos genitais
Gânglios parassimpáticos
Região craniana
Região cervical
Região torácica
Região lombar
Região sacral
Gânglios simpáticos
SIMPÁTICO
Dilata a pupila
Estimula a salivação
Relaxa os brônquios
Acelera o coração
Inibe o estômago e os intestinos
Inibe a atividade do pâncreas e da vesícula biliar
Estimula a liberação de glicose pelo fígado
Estimula a secreção de adrenalina e noradrenalina
Relaxa a bexiga urinária
Promove a ejaculação e as contrações vaginais

Figura 11.6 Representação esquemática do sistema nervoso periférico autônomo. Os componentes do SNPA simpático estão mostrados apenas à direita, e os do SNPA parassimpático, apenas à esquerda (ambos ocorrem dos dois lados do corpo). (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

SIMONKA

Cuidados com a saúde do sistema nervoso

1 O bom funcionamento do sistema nervoso depende de inúmeros fatores. Os principais são os cuidados com a saúde em geral, principalmente com a condição cardiovascular e respiratória, uma vez que a atividade nervosa demanda altos níveis de nutrição e de oxigenação. Além disso, é importante controlar a ingestão de álcool e de drogas psicoativas, que podem alterar e prejudicar as funções nervosas.

2 Outro aspecto importante para manter a saúde do sistema nervoso é a estimulação emocional e intelectual; manter a mente ativa garante seu bom funcionamento, principalmente em idades mais avançadas.

3 A seguir apresentamos alguns distúrbios do sistema nervoso, suas causas e atitudes preventivas que podem ser tomadas em alguns casos.

Acidente vascular cerebral (AVC)

4 Um distúrbio grave do sistema nervoso é o **acidente vascular cerebral** (**AVC**), que pode ser causado pela obstrução de uma artéria, e consequente falta de irrigação de uma área do cérebro, ou por uma ruptura arterial com derrame de sangue. Os neurônios nutridos e oxigenados pela artéria atingida podem morrer, o que leva a uma lesão neurológica irreversível.

5 As sequelas de um AVC dependem da localização e da extensão da área afetada. A porcentagem de morte entre as pessoas atingidas por um AVC é de 20% a 30% e muitos dos que sobrevivem passam a apresentar problemas na movimentação e na fala.

6 Alguns dos fatores que predispõem ao AVC são pressão arterial elevada (hipertensão arterial), taxa elevada de colesterol no sangue, obesidade, diabetes melito, uso de pílulas anticoncepcionais e tabagismo.

Cefaleias

7 **Cefaleias** são dores de cabeça que podem se propagar pela face e atingir os dentes e o pescoço. Sua origem está associada a fatores como tensão emocional, distúrbios visuais e hormonais, hipertensão arterial, infecções, sinusite etc.

8 A **enxaqueca** é um tipo de cefaleia caracterizada por uma dor latejante, que geralmente afeta metade da cabeça. As enxaquecas são frequentemente acompanhadas por fotofobia (aversão à luz), distúrbios visuais, náuseas, vômitos, dificuldade em se concentrar, entre outros efeitos. Ainda não se conhecem completamente suas causas.

Demência

9 O quadro clínico conhecido genericamente por demência resulta de uma deterioração das funções mentais, com perda da memória e das habilidades intelectuais. Três tipos conhecidos de doenças neurológicas relacionadas à idade e que levam à demência são: a **doença de Alzheimer**, a **coreia de Huntington** e a **doença de Parkinson**.

10 A **doença de Alzheimer** é a forma mais comum de demência, responsável por dois terços dos casos em pacientes com mais de 60 anos de idade, afetando duas vezes mais mulheres que homens. As primeiras manifestações incluem perda de memória temporária e incapacidade de tomar decisões. Esses sintomas agravam-se com a progressão da doença e o paciente torna-se incapaz de reter novas informações e de manter relacionamentos sociais saudáveis; os últimos estágios são caracterizados por completa perda das capacidades de aprendizado, da fala e do controle das diversas funções corporais. Há perda de neurônios encefálicos e, à medida que a doença progride, o encéfalo torna-se menor e mais leve. Existem diversas formas da doença de Alzheimer, algumas das quais estão ligadas a variações genéticas. Pesquisas recentes indicam que a estimulação intelectual do cérebro, principalmente na juventude, ajuda a minimizar os efeitos da perda cognitiva causada pelo Alzheimer.

11 A **coreia de Huntington** é bem mais rara que a doença de Alzheimer e afeta cinco em cada 100 mil pessoas. Ela atinge igualmente homens e mulheres e começa a se manifestar por volta dos 40 anos de idade. Os sintomas da coreia de Huntington são demência e movimentos corporais anormais incontrolados. Trata-se de uma doença hereditária, sendo transmitida a 50% dos descendentes das pessoas portadoras da variação genética; decorre de uma mutação gênica autossômica dominante.

12 A **doença de Parkinson** caracteriza-se por tremores corporais incontroláveis, rigidez corporal, lentidão e dificuldade de locomoção. Essa doença afeta cerca de 187 em cada 100 mil pessoas, sendo ligeiramente mais frequente em homens que em mulheres. Os sintomas começam a se manifestar em geral a partir dos 60 anos de idade, mas ocasionalmente podem surgir em pessoas com idade a partir de 30 anos. Os pacientes afetados pela doença de Parkinson apresentam alterações nos neurônios de importantes centros motores do cérebro, com acentuada redução na quantidade de dopamina, substância neurotransmissora produzida nesses locais.

Doenças infecciosas do sistema nervoso

13 Vírus, bactérias, protozoários e vermes podem parasitar o sistema nervoso e causar doenças cuja gravidade depende do tipo de agente infeccioso, da idade da pessoa afetada e de seu estado físico.

14 Diversos tipos de vírus podem atingir as meninges (membranas que envolvem o sistema nervoso central), causando as **meningites virais**: se o encéfalo é afetado, fala-se em **encefalite**; se a medula espinal é afetada, fala-se em **poliomielite**. Os sintomas da infecção viral dependem da região atingida e do tipo de vírus e incluem febre, dor de cabeça, náuseas, vômitos, rigidez da nuca (no caso das encefalites) e paralisia (no caso da poliomielite).

15 Infecções bacterianas também podem causar meningites. As principais bactérias causadoras de meningite são *Neisseria meningitidis* (responsável pelos surtos epidêmicos) e *Haemophilus influenzae*. Embora sejam mais comuns em crianças, as meningites bacterianas também podem atingir pessoas adultas. Os sintomas são semelhantes aos das meningites virais, porém mais graves, podendo levar ao estado de coma e à morte. As meningites bacterianas podem ser prevenidas pela vacinação e tratadas com antibióticos.

16 O protozoário *Plasmodium falciparum* pode causar a **malária cerebral**, que se manifesta em cerca de 2% a 10% dos portadores do parasita. Destes, cerca de 25% morrem em consequência da infecção cerebral.

17 A tênia, um platelminto, pode atingir o cérebro causando **cisticercose cerebral**. A pessoa adquire a doença pela ingestão de alimentos contaminados com ovos do parasita. A larva de tênia, ao sair do ovo, atravessa a parede intestinal e penetra na circulação sanguínea, tornando possível a formação de cistos no cérebro. A cisticercose cerebral pode provocar sintomas semelhantes aos dos ataques epilépticos, com desmaios e convulsões.

● Guia de leitura

Responda em seu caderno

1 Leia o primeiro parágrafo, que relaciona o bom funcionamento do sistema nervoso a diversos fatores. Comente os aspectos que achou mais relevantes ou interessantes.

2 O segundo parágrafo comenta outro aspecto importante para manter o sistema nervoso saudável e ativo. Qual é ele? Reflita sobre o fato de que, neste exato momento em que estuda, você está proporcionando ao seu sistema nervoso estimulação necessária à sua própria saúde, agora e no futuro.

3 Informe-se, no terceiro parágrafo, sobre os assuntos que serão tratados no quadro.

4 Leia o quarto e o quinto parágrafos, que tratam das causas dos acidentes vasculares cerebrais (AVCs) e suas consequências. Quais são elas?

5 O sexto parágrafo comenta fatores que predispõem aos AVCs. Responda: que hábitos e atitudes uma pessoa pode adotar para prevenir possíveis AVCs?

6 O sétimo e o oitavo parágrafos referem-se à cefaleia e à enxaqueca. É possível que você conheça pessoas que tenham passado por crises de cefaleia ou de enxaqueca. Se tiver oportunidade, converse com elas e peça que descrevam os sintomas dessas perturbações. Compare-as com os descritos nos parágrafos.

7 Informe-se, no nono parágrafo, sobre o que caracteriza o quadro da demência e as principais doenças responsáveis por ela.

8 Leia o décimo parágrafo, que trata da doença de Alzheimer. Faça uma lista dos principais sintomas dessa doença; listar separadamente cada sintoma facilita sua compreensão. Lembre-se de utilizar o recurso de fazer listas enquanto estuda em outras situações semelhantes.

9 Ainda sobre o décimo parágrafo, leia novamente o período final. Segundo ele, você está prevenindo o Alzheimer ao estudar compreensivamente este texto. Por quê?

10 Informe-se, no parágrafo 11, sobre a coreia de Huntington. Anote os dados que achar mais interessantes.

11 Leia o parágrafo 12, que trata da doença de Parkinson. Anote os dados que achar mais interessantes.

12 Informe-se, no parágrafo 13, sobre alguns agentes infecciosos que podem causar perturbações neurológicas e que serão abordados no quadro.

13 O parágrafo 14 trata de doenças do sistema nervoso causadas por vírus. Quais são elas?

14 Informe-se, no parágrafo 15, sobre uma doença bacteriana do sistema nervoso. Qual é ela? Comente os aspectos que achou mais importantes.

15 Leia o parágrafo 16 e informe-se sobre a malária cerebral.

16 O décimo sétimo parágrafo trata da cisticercose cerebral. Relembre esse assunto no capítulo 8.

11.2 Os sentidos

A capacidade de perceber o ambiente depende de células altamente especializadas – as **células sensoriais** –, que estão distribuídas no corpo e concentradas em órgãos sensoriais, ou órgãos dos sentidos.

As células sensoriais são especializadas na captação de diferentes tipos de estímulo: luz, som, pressão, temperatura, odores etc. O estímulo específico altera a permeabilidade da membrana plasmática da célula sensorial, gerando impulsos nervosos, que são transmitidos aos nervos e levados ao sistema nervoso central. Quando atingem as áreas cerebrais correspondentes, os impulsos são interpretados como sensações.

Paladar e olfato

O sabor é uma complexa mistura de sensações de paladar e de olfato, além de sensações táteis decorrentes da consistência dos alimentos. Nossas células sensoriais responsáveis pelo **paladar** ficam localizadas na boca, agrupadas nas **papilas gustatórias**, pequenas saliências distribuídas sobre a língua e o palato mole e facilmente visíveis com uma lente de aumento. (Fig. 11.7)

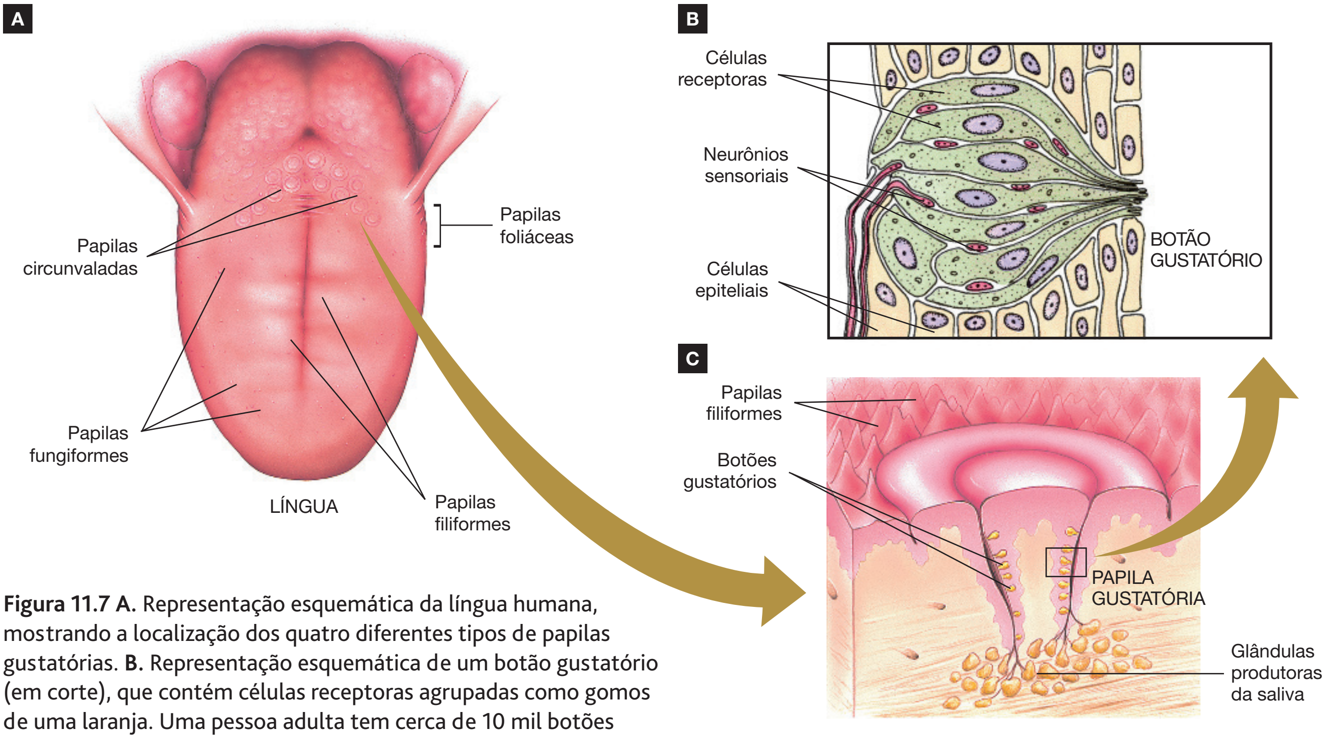


Figura 11.7 A. Representação esquemática da língua humana, mostrando a localização dos quatro diferentes tipos de papilas gustatórias. **B.** Representação esquemática de um botão gustatório (em corte), que contém células receptoras agrupadas como gomos de uma laranja. Uma pessoa adulta tem cerca de 10 mil botões gustatórios na língua, número que diminui com a idade. **C.** Representação esquemática de uma papila circunvalada (em corte). (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Com a mastigação, substâncias componentes do alimento dissolvem-se na saliva e entram em contato com células sensoriais quimiorreceptoras localizadas nas papilas gustatórias. As substâncias características dos alimentos interagem com proteínas das membranas das células quimiorreceptoras, gerando impulsos nervosos transmitidos por neurônios para regiões específicas do cérebro, onde são interpretados e produzem a sensação do paladar.

O sentido do **olfato** está a cargo do epitélio olfatório, localizado no teto das cavidades nasais. Esse epitélio apresenta quimiorreceptores dotados de cílios, recobertos pelo muco que reveste as cavidades nasais. Moléculas capazes de estimular o olfato, dispersas no ar, difundem-se no muco e atingem os dendritos, gerando impulsos nervosos; estes são conduzidos ao corpo da célula quimiorreceptora, propagando-se para o axônio, que leva o sinal nervoso até o SNC. Apesar de os receptores do paladar e do olfato serem diferentes e de suas mensagens serem processadas em regiões diversas do cérebro, esses dois sentidos agem em conjunto em uma terceira região do córtex cerebral para produzir a percepção de sabor.

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Audição e equilíbrio

A **orelha** humana é o órgão responsável pela audição e pelo equilíbrio do corpo. Ela se compõe de três partes básicas, denominadas, de fora para dentro: orelha externa, orelha média e orelha interna.

A **orelha externa** é o canal que se abre para o meio exterior no pavilhão auditivo, conhecido popularmente como orelha. Ela funciona como uma concha acústica, que capta os sons e os direciona para o canal auditivo. As ondas sonoras fazem o ar vibrar dentro do canal da orelha, e as vibrações são transmitidas à **membrana timpânica**, ou tímpano, uma fina película que separa a orelha externa da orelha média.

A **orelha média**, localizada dentro do osso temporal, é um duto estreito e cheio de ar que se comunica com a garganta por um canal flexível, a **tuba auditiva**, cuja função é equilibrar a pressão no interior da orelha com a do meio externo. Na orelha média existem três pequenos ossos alinhados em sequência: martelo, bigorna e estribo. A vibração da membrana timpânica movimenta esses ossículos, que atuam como amplificadores e transmissores das vibrações à orelha interna.

A **orelha interna**, encravada no osso temporal, é um complexo labirinto membranoso conhecido como aparelho vestibular, no qual se localizam células sensoriais especializadas na captação de estímulos mecânicos, genericamente chamadas mecanorreceptores. Os principais componentes do aparelho vestibular são: **cóclea**, **sáculo**, **utrículo** e **canais semicirculares**. A cóclea é a responsável pela audição, enquanto os outros componentes são responsáveis pelo equilíbrio corporal.

Como percebemos os sons

A base do osso estribo conecta-se à **janela oval**, uma área especializada da **cóclea**. Esta é um longo tubo cônico, enrolado como a concha de um caracol, com o interior dividido em três compartimentos cheios de líquido: o canal vestibular, o duto coclear e o canal timpânico. No duto coclear localiza-se o órgão espiral, ou órgão de Corti, que contém os fonorreceptores, células sensoriais cujos cílios ficam em contato com uma estrutura membranosa chamada membrana tectórica.

A vibração do osso estribo é transmitida ao líquido coclear, que faz os cílios das células fonorreceptoras do órgão espiral roçarem a membrana tectórica, gerando impulsos nervosos. Estes são conduzidos pelo nervo auditivo ao centro de audição do córtex cerebral, que os interpreta como sensações auditivas. (Fig. 11.8)

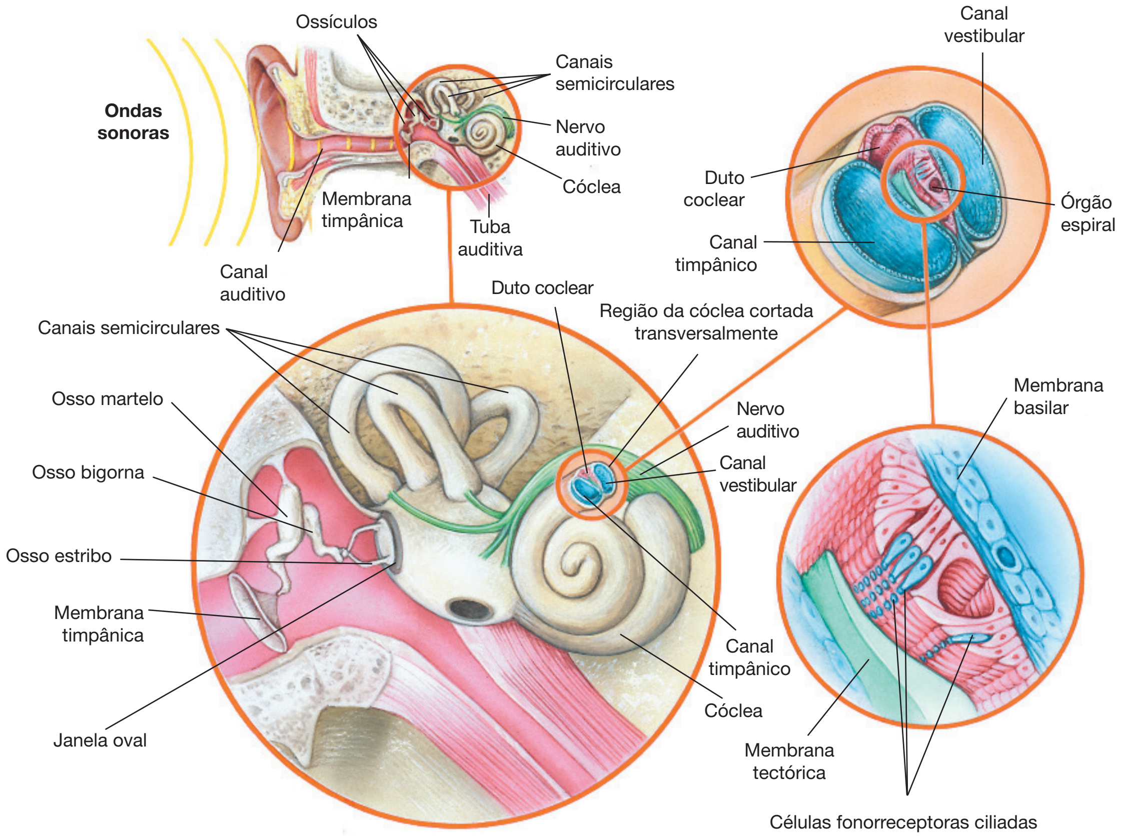

Ossículos
Canais semicirculares
Nervo auditivo
Cóclea
Ondas sonoras
Membrana timpânica
Tuba auditiva
Canal auditivo
Canal vestibular
Duto coclear
Órgão espiral
Canal timpânico
Duto coclear
Região da cóclea cortada transversalmente
Canais semicirculares
Osso martelo
Osso bigorna
Osso estribo
Membrana timpânica
Janela oval
Nervo auditivo
Canal vestibular
Canal timpânico
Cóclea
Membrana basilar
Membrana tectórica
Células fonorreceptoras ciliadas

Figura 11.8 Representação esquemática da orelha humana mostrando sua organização interna em ampliações sucessivas. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

O sentido de equilíbrio

O **sáculo** e o **utrículo** são duas bolsas cheias de líquido localizadas sobre a cóclea. Em suas paredes internas estão presentes diversas **máculas**, estruturas formadas por células sensoriais ciliadas sobre as quais ficam pequenos grãos de carbonato de cálcio, os otólitos ou estatocônios. As várias máculas têm diferentes graus de inclinação em relação ao nosso corpo, de modo que, quando uma delas está em posição horizontal, outras estão em posição vertical ou inclinada.

Mudanças na posição da cabeça levam ao deslocamento dos otólitos por ação da gravidade, o que estimula os cílios das células sensoriais das máculas. No cérebro, os impulsos nervosos gerados pelas diferentes máculas são comparados, permitindo determinar a orientação da cabeça em relação à força gravitacional. Assim, podemos perceber nossa posição no espaço e a velocidade em que nos deslocamos.

Os **canais semicirculares** são três tubos curvos e cheios de líquido localizados sobre o utrículo. A base de cada um deles apresenta uma dilatação, a ampola, na qual há um aglomerado de células sensoriais ciliadas revestidas por uma massa gelatinosa. Quando movimentamos a cabeça, o deslocamento do líquido sobre os cílios das células sensoriais as estimula, gerando impulsos nervosos que são transmitidos ao encéfalo.

Para manter o equilíbrio do corpo, o cérebro interpreta informações enviadas pela orelha interna. Além disso, ele calcula as posições relativas do pescoço, das pernas e dos braços, o que é feito de acordo com dados transmitidos pelos **proprioceptores**, receptores sensoriais localizados nos músculos, nos tendões e em órgãos internos. Os olhos também participam do sentido de equilíbrio, informando ao cérebro a posição do corpo por meio das imagens captadas do ambiente.

Visão

Os órgãos responsáveis pela visão são os **bulbos dos olhos**, ou bulbos oculares, popularmente chamados de olhos. Eles são duas bolsas membranosas repletas de líquido, embutidas em cavidades ósseas do crânio, as órbitas oculares. Nos bulbos oculares há células sensoriais especializadas na captação de estímulos luminosos, os **fotorreceptores**.

Cada bulbo do olho movimenta-se dentro de sua órbita graças a três pares de músculos em forma de cinta, fixados ao globo ocular. Esse movimento é limitado pelo nervo óptico, um feixe de fibras nervosas que parte do interior do bulbo do olho em direção ao encéfalo, passando por uma abertura no osso da órbita ocular.

Os bulbos dos olhos são revestidos por uma membrana transparente e dotada de finíssimos vasos sanguíneos, a **conjuntiva**, que se estende pela superfície interna das pálpebras. Sob a conjuntiva há a parede do bulbo ocular, formada por três camadas de tecido: esclera, corioide e retina.

A **esclera** é a camada mais externa, constituída por um tecido conjuntivo resistente, que mantém a forma esférica do bulbo ocular e serve de ponto de ligação para os músculos responsáveis por sua movimentação. Na parte anterior do bulbo ocular, ela apresenta uma área transparente à luz e com maior curvatura: a córnea. Imediatamente abaixo da córnea há uma câmara preenchida por um líquido transparente, o **humor aquoso**.

A **corioide**, localizada imediatamente abaixo da esclera, é uma película pigmentada rica em vasos sanguíneos que nutrem e oxigenam as células do olho. Sob a córnea, a corioide forma a **íris**, o disco colorido do olho, em cujo centro há um orifício, a **pupila**, por onde a luz penetra no globo ocular. Os movimentos de abertura e fechamento da íris estão a cargo de delicados músculos controlados pelo sistema nervoso autônomo, que ajustam a abertura da pupila de acordo com a luminosidade do ambiente.

Atrás da íris localiza-se a **lente** (antigamente chamada cristalino), uma estrutura proteica com forma biconvexa. Sua curvatura pode ser modificada pela ação dos músculos ligados a ela (músculos ciliares), de modo que focalize a imagem corretamente sobre o fundo do olho. Atrás da lente há uma grande câmara preenchida por um líquido viscoso e transparente, o **corpo vítreo**.

A camada que reveste internamente a câmara ocular é a **retina**, na qual há dois tipos de células fotorreceptoras: os **bastonetes**, incapazes de distinguir as cores, e os **cones**, menos sensíveis à luz, mas com capacidade de discriminar diferentes comprimentos de onda, o que possibilita a visão em cores. Em ambientes pouco iluminados, apenas os bastonetes são estimulados; é por isso que, na penumbra, vemos razoavelmente bem os objetos, mas não distinguimos suas cores; à medida que a luminosidade aumenta, os cones são ativados e as cores tornam-se visíveis. (Fig. 11.9)

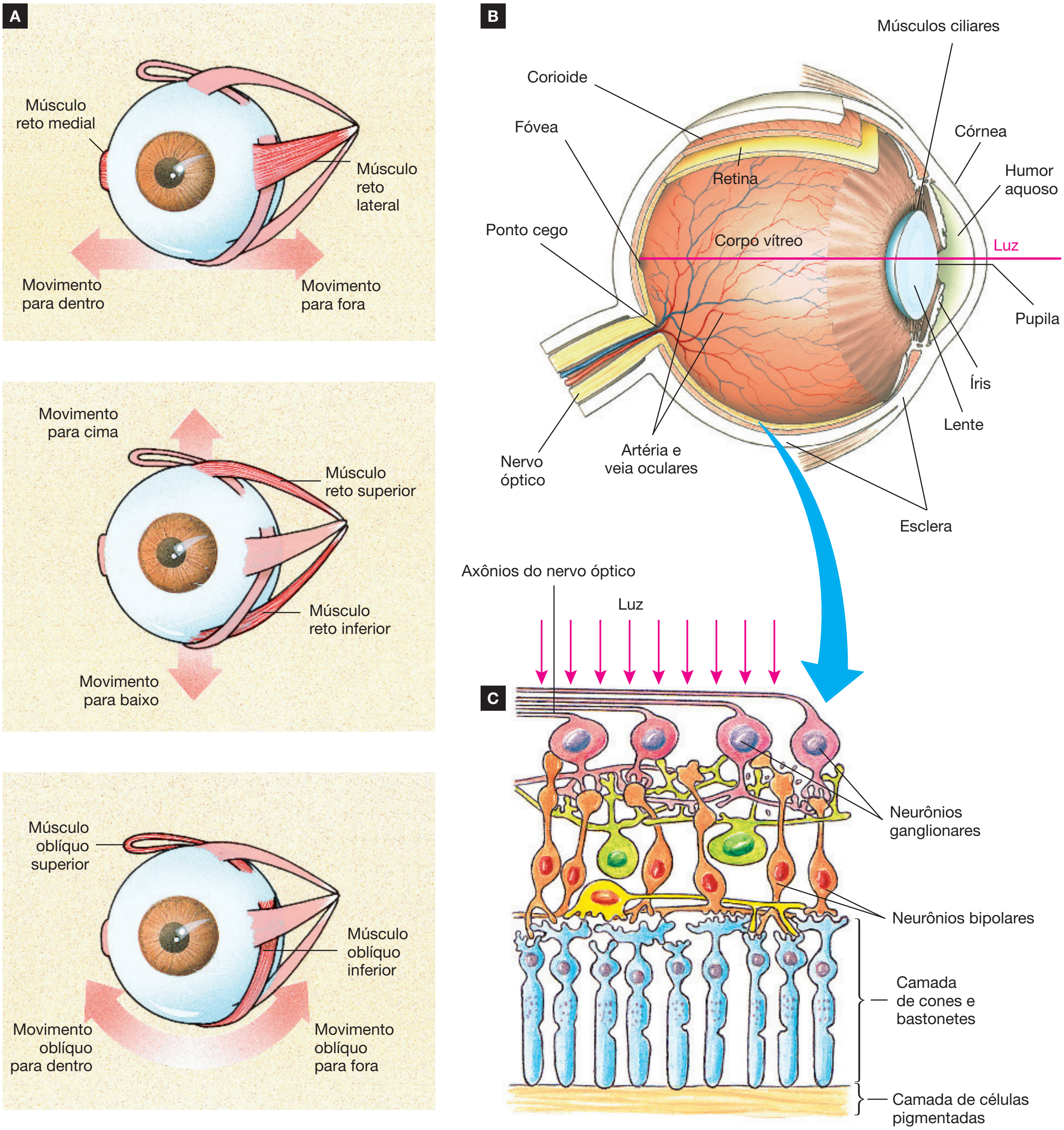

A
Músculo reto medial
Músculo reto lateral
Movimento para dentro
Movimento para fora
Movimento para cima
Músculo reto superior
Músculo reto inferior
Movimento para baixo
Músculo oblíquo superior
Músculo oblíquo inferior
Movimento oblíquo para dentro
Movimento oblíquo para fora
B
Músculos ciliares
Corioide
Fóvea
Córnea
Humor aquoso
Retina
Ponto cego
Corpo vítreo
Luz
Pupila
Íris
Lente
Nervo óptico
Artéria e veia oculares
Esclera
Axônios do nervo óptico
Luz
C
Neurônios ganglionares
Neurônios bipolares
Camada de cones e bastonetes
Camada de células pigmentadas

Figura 11.9 Representações esquemáticas do olho humano e de suas partes. **A.** Músculos responsáveis pela movimentação do bulbo do olho esquerdo. **B.** Olho humano em corte mostrando sua estrutura interna. **C.** Estrutura microscópica da retina. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Quando uma molécula fotossensível (pigmento) de um cone ou de um bastonete é excitada pela luz, sua estrutura se modifica, desencadeando uma série de reações químicas na célula. Essas reações alteram a permeabilidade da membrana plasmática, gerando impulsos nervosos que, depois de transmitidos para outras células da retina, são conduzidos por fibras nervosas até o centro visual do córtex cerebral.

Tato

O sentido do tato localiza-se em praticamente toda a superfície do corpo, sendo constituído por **mecanorreceptores**, células capazes de perceber variações de pressão aplicada sobre a pele.

Regiões mais sensíveis do corpo, como as pontas dos dedos, a palma das mãos e os lábios, entre outras, apresentam grande densidade de corpúsculos de Meissner e discos de Merkel, estruturas especializadas na detecção de toques leves. Há também os corpúsculos de Paccini, que são extremidades de fibras nervosas envoltas por camadas de células. Eles se localizam em regiões mais profundas da pele e percebem pressões fortes e vibrações. Além disso, há também terminações de neurônios associadas a folículos pilosos, que são estimuladas quando os pelos se dobram.

11.3 Sistema endócrino

Boa parte do funcionamento do corpo humano depende da comunicação entre as células por meio de mensageiros químicos que viajam pelo sangue: os **hormônios** (do grego *hórmon*, estimular). Essas substâncias são produzidas e liberadas por determinadas células e atuam sobre outras células, modificando seu funcionamento.

As células produtoras de hormônios estão geralmente reunidas em órgãos denominados **glândulas endócrinas** (do grego *endos*, dentro, e *krynos*, secreção). O termo refere-se ao fato de essas glândulas lançarem seus hormônios diretamente no sangue, o que as distingue das glândulas exócrinas (do grego *exos*, fora), que lançam suas secreções por meio de dutos para fora do corpo ou em cavidades de órgãos. O conjunto de glândulas endócrinas do corpo humano constitui o **sistema endócrino**.

Um hormônio liberado no sangue, apesar de atingir praticamente todas as células do corpo, atua apenas sobre algumas delas, denominadas "células-alvo" do hormônio. Cada hormônio estimula especificamente suas células-alvo, que apresentam, na membrana ou no citoplasma, os chamados receptores hormonais, proteínas capazes de se combinar às moléculas do hormônio. A estimulação ocorre apenas quando há combinação correta entre o hormônio e seu receptor na célula-alvo.

Principais glândulas endócrinas humanas

Na espécie humana há diversas glândulas endócrinas, algumas delas responsáveis pela produção de mais de um tipo de hormônio. As principais glândulas endócrinas humanas são: a hipófise, a glândula tireóidea, as glândulas paratireóideas, o pâncreas, as glândulas suprarrenais (ou adrenais) e as gônadas (testículos e ovários). O hipotálamo também é um órgão endócrino, uma vez que produz diversos hormônios, alguns dos quais controlam o funcionamento da glândula hipófise. (Fig. 11.10)

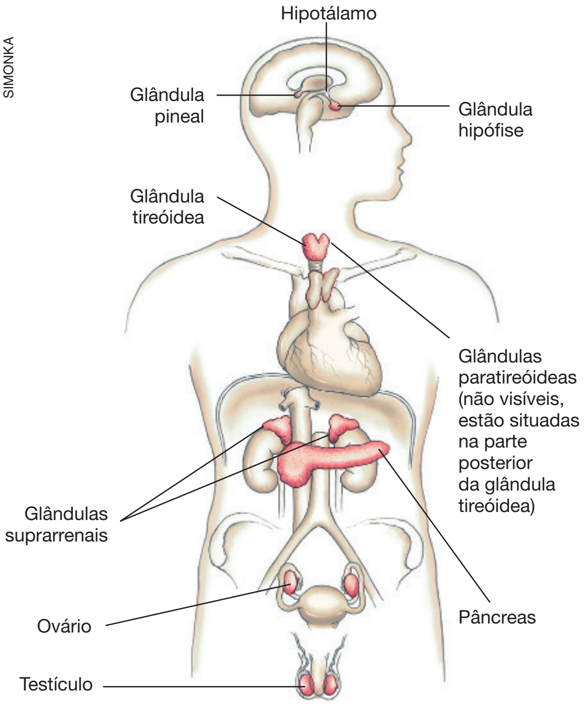


Figura 11.10 Representação esquemática da localização das principais glândulas endócrinas no corpo humano. A glândula pineal sintetiza, entre outras substâncias biologicamente ativas, o hormônio melatonina, envolvido no controle das respostas corpóreas ligadas à regulação do sono e à manutenção do ritmo circadiano, nosso relógio biológico corporal. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Hipófise

A **hipófise** é uma glândula de origem mista, localizada na base do encéfalo, constituída por um lobo posterior de origem nervosa, a neuroipófise, e por um lobo anterior de origem epitelial, a adenoipófise.

A **neuroipófise** armazena e libera dois hormônios principais, ambos produzidos pelo hipotálamo: a oxitocina e o hormônio antidiurético, também chamado vasopressina. Esses hormônios hipofisários, além de outras funções, estão envolvidos na capacidade de estabelecer relações interpessoais e afetivas, daí serem chamados por alguns especialistas de "hormônios do amor". A **oxitocina** (do grego *okys*, rápido), ou ocitocina, promove a aceleração das contrações uterinas que levam ao parto e induz a liberação do leite durante a amamentação.

O **hormônio antidiurético**, ou **ADH** (sigla, em inglês, de *antidiuretic hormone*), promove a contração das arteríolas, elevando a pressão arterial. Outro efeito do ADH é aumentar a reabsorção de água pelos rins, com diminuição do volume de urina excretada. Se a pessoa produz menos ADH que o normal, ela elimina grande volume de urina, sente muita sede e corre risco de desidratação. Esse quadro clínico caracteriza o **diabetes insípido**, que não deve ser confundido com o diabetes melito, que será estudado mais adiante neste capítulo. (Fig. 11.11)

A **adenoipófise** produz e libera no sangue diversos hormônios, entre eles os categorizados como **hormônios tróficos** (do grego *trofos*, nutrir, alimentar), que estimulam o funcionamento de outras glândulas endócrinas. Os principais hormônios tróficos produzidos pela adenoipófise são: o **hormônio tireotrófico** (TSH), que regula a atividade da glândula tireóidea; o **hormônio adrenocorticotrófico** (ACTH), que regula a atividade da região mais externa (córtex) da glândula suprarrenal; os hormônios **folículo-estimulante** (FSH) e **luteinizante** (LH), que atuam sobre as gônadas (testículos e ovários). Além dos hormônios tróficos, a adenoipófise secreta a somatotrofina e a prolactina.

A **somatotrofina**, ou hormônio de crescimento, promove o crescimento das cartilagens e dos ossos, determinando o aumento do tamanho corporal. Uma quantidade excessiva desse hormônio na fase jovem da vida provoca o gigantismo, enquanto sua deficiência causa o nanismo.

A **prolactina** atua sobre os ovários, promovendo a secreção de progesterona. Além disso, estimula a produção de leite pelas mulheres em fase de lactação; nos homens, sua função ainda é desconhecida.

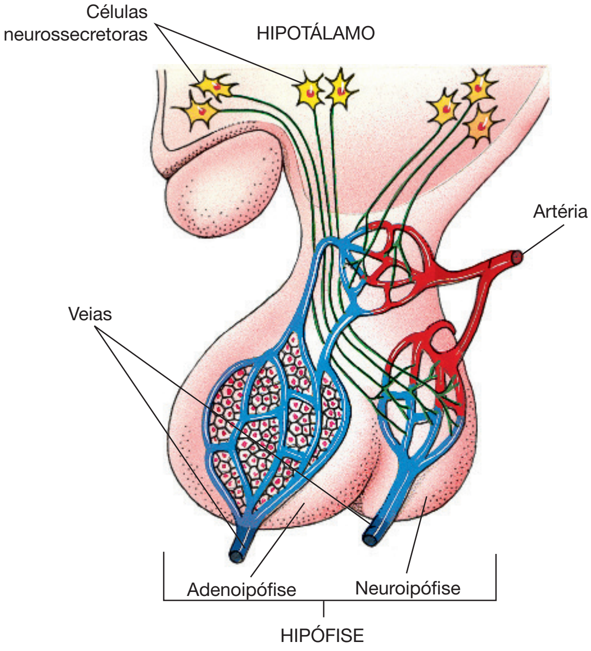


Figura 11.11 Representação esquemática da relação entre o hipotálamo e a hipófise; células neurossecretoras são neurônios que secretam hormônios. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Glândula tireóidea

A **glândula tireóidea**, ou tireoide, localiza-se no pescoço, logo abaixo das cartilagens da laringe, sobre a porção inicial da traqueia. Os principais hormônios tireoideanos são a **tri-iodotironina**, a **tiroxina** e a **calcitonina**. (Fig. 11.12)

A glândula tireóidea desempenha papel fundamental na homeostase do organismo humano. Os hormônios tireoidianos ajudam a manter normais a pressão sanguínea, o ritmo cardíaco, o tônus muscular e as funções sexuais.

Além disso, a tiroxina e a tri-iodotironina atuam sobre o conjunto de células do corpo, aumentando sua atividade metabólica. Em excesso, esses hormônios podem causar o **hipertireoidismo**, estado caracterizado por temperatura corporal elevada, sudorese intensa, perda de peso, irritabilidade e pressão sanguínea alta. Casos graves de hipertireoidismo levam ao **bócio exoftálmico**, com crescimento anormal da glândula tireóidea e formação de um inchaço no pescoço – bócio, ou "papo" –, além de projeção do globo ocular, a exoftalmia, que torna os olhos salientes.

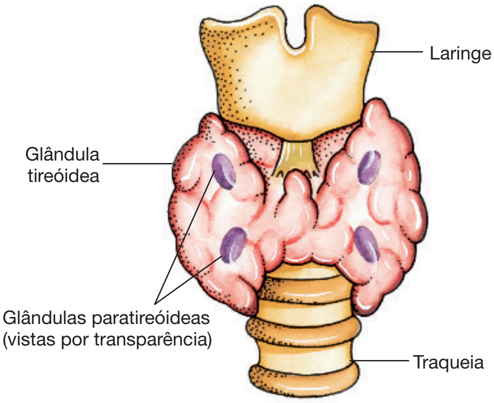


Figura 11.12 Representação esquemática da glândula tireóidea e das glândulas paratireóideas. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

SCOTT CAMAZINE/SCIENCE SOURCE/LATINSTOCK

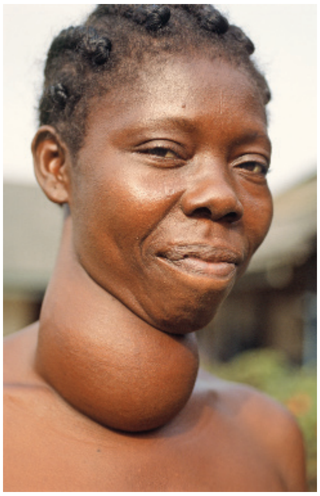


Figura 11.13 Pessoa com bócio carencial.

Se a produção de hormônios tireoidianos for inferior à normal, pode ocorrer o **hipotireoidismo**, caracterizado pela queda generalizada na atividade metabólica, com diminuição da temperatura e da pressão sanguínea, ressecamento da pele etc.; a pessoa afetada se torna apática e tende a engordar. Se a deficiência no funcionamento da glândula tireóidea ocorrer durante a vida fetal ou no início da infância, o resultado será um retardamento do crescimento dos ossos da criança, muitas vezes acompanhado por deficiência mental, condição conhecida como **cretinismo**.

A falta de iodo na alimentação humana pode desencadear um mecanismo de compensação, em que a capacidade de absorção de iodo é aumentada pelo crescimento anormal da glândula tireóidea. O resultado é um inchaço no pescoço, típico do quadro clínico denominado **bócio carencial**. No Brasil, a adição obrigatória de iodo ao sal de cozinha fez com que o bócio carencial deixasse de ser uma enfermidade endêmica; antes disso, certas populações do interior eram afetadas cronicamente. Em abril de 2013, o governo brasileiro aprovou a resolução que determina a redução do teor de iodo obrigatoriamente acrescentado ao sal, uma vez que pesquisas apontaram o aumento do nível de iodo no organismo das pessoas. Há, entretanto, os que defendem a manutenção dos índices de iodo acrescidos ao sal de cozinha, argumentando que o aumento da concentração desse elemento químico se deve ao consumo exagerado de sal pela população. (Fig. 11.13)

O hormônio **calcitonina** atua diminuindo a quantidade de cálcio no sangue. Ele age em conjunto com o hormônio das glândulas paratireóideas, regulando a concentração normal de cálcio no sangue, como veremos a seguir.

Glândulas paratireóideas

As **glândulas paratireóideas**, ou paratireoides, são em número de quatro e estão aderidas à parte posterior da glândula tireoideia, daí sua denominação. Elas produzem **paratormônio**, hormônio que atua aumentando o nível de cálcio no sangue.

A ação conjunta dos hormônios calcitonina e paratormônio, em um mecanismo conhecido como *feedback* negativo, regula a concentração normal de cálcio, em torno de 9 mg a 11 mg por 100 mL de sangue. Quando essa concentração diminui, as glândulas paratireóideas são estimuladas a secretar paratormônio, que induz a liberação de cálcio dos ossos e aumenta a reabsorção desse elemento químico contido na urina inicial. O paratormônio estimula também a absorção intestinal de cálcio por meio da ativação da vitamina D. Essas ações conjuntas levam ao aumento do nível de cálcio no sangue.

Esse aumento, por sua vez, estimula a glândula tireóidea a secretar o hormônio calcitonina, cujos efeitos são inversos aos do paratormônio. A calcitonina aumenta a deposição de cálcio nos ossos, reduz a absorção desse elemento pelo intestino e diminui sua reabsorção pelos túbulos renais. Essas ações levam à diminuição do nível de cálcio no sangue. (Fig. 11.14)

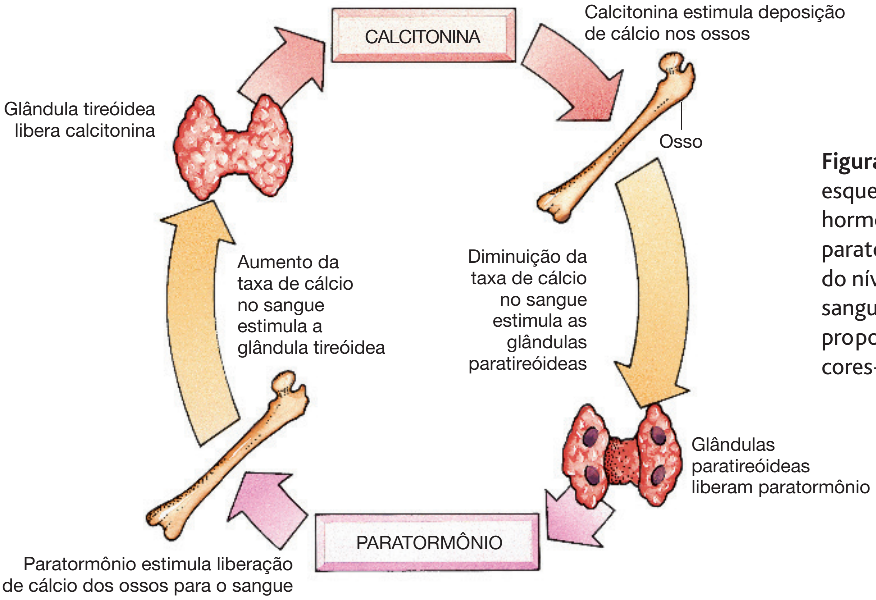

CALCITONINA
Calcitonina estimula deposição de cálcio nos ossos
Glândula tireóidea libera calcitonina
Osso
Aumento da taxa de cálcio no sangue estimula a glândula tireóidea
Diminuição da taxa de cálcio no sangue estimula as glândulas paratireóideas
Glândulas paratireóideas liberam paratormônio
PARATORMÔNIO
Paratormônio estimula liberação de cálcio dos ossos para o sangue

Figura 11.14 Representação esquemática da ação dos hormônios calcitonina e paratormônio na manutenção do nível normal de cálcio no sangue. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

SIMONKA

Pâncreas

A parte endócrina do **pâncreas** é constituída por centenas de aglomerados celulares denominados **ilhotas pancreáticas**, ou ilhotas de Langerhans. Cerca de 70% das células de uma ilhota pancreática (células-beta) produzem o hormônio insulina; as 30% restantes (células-alfa) produzem o hormônio glucagon.

A **insulina** facilita a absorção de glicose pelos músculos esqueléticos, pelo fígado e pelas células do tecido gorduroso, levando à diminuição da concentração da glicose circulante no sangue. Nas células musculares e hepáticas, milhares de moléculas de glicose unem-se quimicamente para formar moléculas de glicogênio. O **glucagon** tem efeito inverso ao da insulina, estimulando a quebra de glicogênio no fígado, com aumento do nível de glicose no sangue.

A ação conjunta dos dois hormônios pancreáticos é responsável pela manutenção do nível sanguíneo normal de glicose, a chamada normoglicemia, em torno de 90 mg de glicose por 100 mL de sangue.

Após uma refeição, a concentração de glicose no sangue aumenta devido à absorção de açúcar pelas células intestinais. O aumento da glicemia estimula a secreção de insulina, que leva ao aumento da absorção de glicose pelas células corporais, com diminuição da concentração desse açúcar no sangue. Se a pessoa passa muitas horas sem se alimentar, a concentração de glicose em seu sangue diminui muito e o pâncreas é estimulado a secretar glucagon, que induz o fígado a converter glicogênio em glicose e a liberar esse açúcar na corrente sanguínea. (Fig. 11.15)

SIMONKA

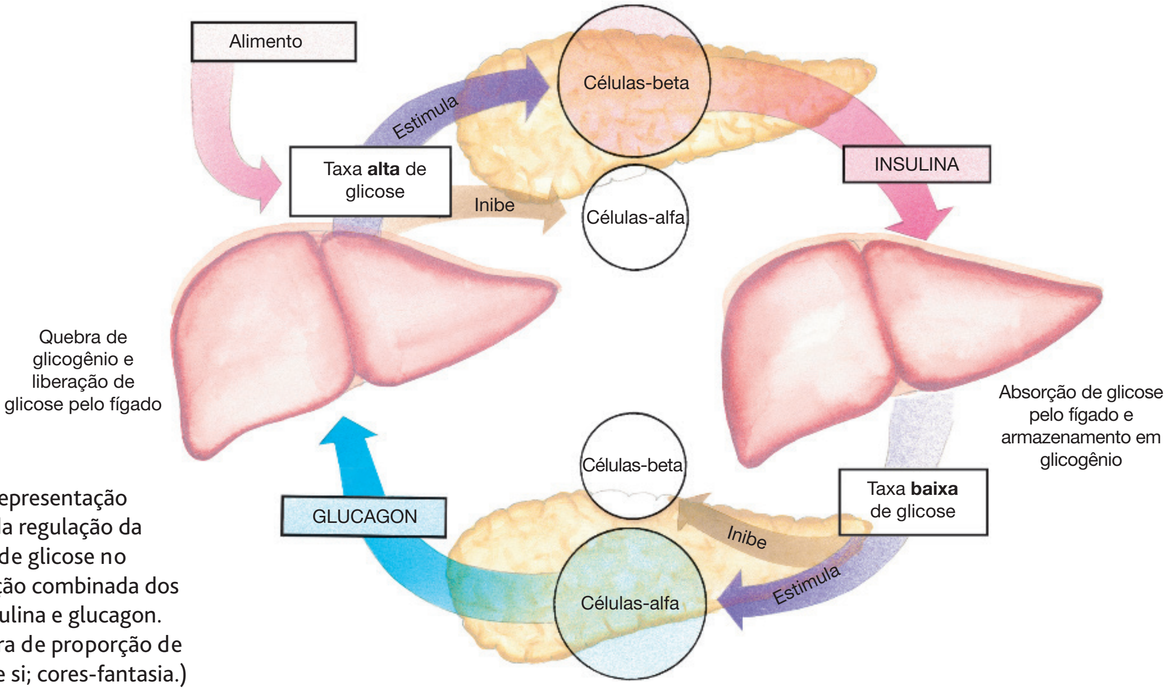

Alimento
Estimula
Células-beta
INSULINA
Taxa **alta** de glicose
Inibe
Células-alfa
Quebra de glicogênio e liberação de glicose pelo fígado
Absorção de glicose pelo fígado e armazenamento em glicogênio
Células-beta
Taxa **baixa** de glicose
GLUCAGON
Inibe
Estimula
Células-alfa

Figura 11.15 Representação esquemática da regulação da concentração de glicose no sangue pela ação combinada dos hormônios insulina e glucagon. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

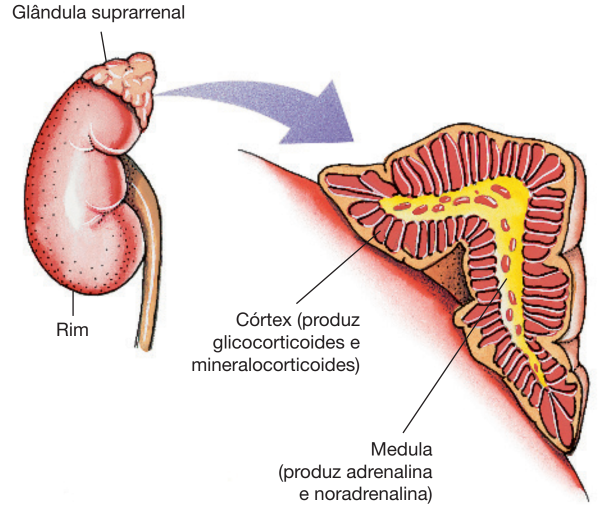
A insulina está relacionada ao distúrbio hormonal conhecido como **diabetes melito**, em que a pessoa apresenta taxas elevadas de glicose no sangue, a ponto de esse açúcar ser excretado na urina. A pessoa diabética elimina grande volume de urina, pois a glicose aumentada no filtrado glomerular causa diminuição na reabsorção de água pelos túbulos renais. Além disso, a pessoa diabética degrada mais gorduras e proteínas para obter energia, o que pode causar emagrecimento e fraqueza.

Há dois tipos de diabetes melito: tipo I, ou diabetes juvenil; e tipo II, ou diabetes tardio. O diabetes tipo I, ou insulino-dependente, desenvolve-se antes dos 40 anos de idade e é causado pela redução acentuada de células-beta do pâncreas, com deficiência da produção de insulina. Esse tipo de diabetes afeta cerca de 10% dos diabéticos, que necessitam receber injeções de insulina diariamente.

No diabetes tipo II, que geralmente se desenvolve após os 30 anos de idade, a pessoa apresenta níveis praticamente normais de insulina no sangue, mas sofre redução do número de receptores desse hormônio nas membranas de suas células musculares e adiposas. Com isso, diminui a capacidade dessas células de absorver glicose do sangue.

Glândulas suprarrenais

As **glândulas suprarrenais**, ou adrenais, localizam-se sobre os rins, daí sua denominação. Elas são constituídas por dois tecidos secretores distintos: um deles compõe a medula da glândula, enquanto o outro forma o córtex, sua porção mais externa. (Fig. 11.16)



Glândula suprarrenal
Rim
Córtex (produz glicocorticoides e mineralocorticoides)
Medula (produz adrenalina e noradrenalina)
SIMONKA

Figura 11.16 Representações esquemáticas da glândula suprarrenal: à esquerda, sua posição em relação ao rim; à direita, em corte, mostrando o córtex e a medula. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

A **medula suprarrenal** produz dois hormônios principais: a adrenalina, ou epinefrina, e a noradrenalina, ou norepinefrina. A **adrenalina**, liberada em situações de estresse – susto, grande emoção, situações de perigo etc. –, induz a contração dos vasos sanguíneos da pele e consequente palidez. O sangue concentra-se nos músculos e nos órgãos internos, preparando o organismo para uma resposta vigorosa; ocorrem também taquicardia (aumento do ritmo cardíaco), aumento da pressão arterial e maior excitabilidade do sistema nervoso. As alterações metabólicas desencadeadas pela adrenalina preparam o organismo para responder rapidamente a uma situação de emergência.

A **noradrenalina** é liberada em doses mais ou menos constantes pela medula adrenal, independentemente da liberação de adrenalina. Sua principal função é manter os níveis normais da pressão sanguínea.

Os hormônios do **córtex da suprarrenal** pertencem ao grupo dos esteroides, sendo conhecidos genericamente como corticosteroides, ou corticoides. Alguns deles, os **glicocorticoides**, atuam na transformação de proteínas e gorduras em glicose, disponibilizando maior quantidade desse açúcar para ser usado como combustível, em casos de resposta a uma situação estressante.

O principal glicocorticoide é o **cortisol**, também conhecido como hidrocortisona. Além de seus efeitos no metabolismo da glicose, a hidrocortisona diminui a permeabilidade dos capilares sanguíneos. Devido a essa propriedade, ela é utilizada no tratamento das inflamações, como as provocadas por processos alérgicos. Entretanto, o uso prolongado de hidrocortisona pode deprimir o sistema de defesa corporal, tornando o organismo mais suscetível a infecções.

Outro grupo de corticosteroides – os **mineralocorticoides** – regula o balanço de água e de sais no organismo. A aldosterona, por exemplo, atua na regulação da excreção de íons de sódio pelos rins.

Gônadas

As **gônadas** (testículos e ovários) produzem hormônios sexuais que afetam o crescimento e o desenvolvimento do corpo, participando também do controle do ciclo reprodutivo e do comportamento sexual. Os principais hormônios sexuais são o estrógeno e a progesterona, produzidos pelos ovários, e a testosterona, produzida pelos testículos.

O **estrógeno** determina o aparecimento das características sexuais secundárias da mulher, como o desenvolvimento das mamas, o alargamento dos quadris e o acúmulo de gordura em determinados locais do corpo (que arredonda as formas). Ele também induz o amadurecimento dos órgãos genitais e promove o impulso sexual. A **progesterona** tem importância fundamental no processo reprodutivo, pois, com o estrógeno, atua na preparação da parede uterina para receber o embrião.

A **testosterona** é responsável pelo aparecimento das características sexuais secundárias masculinas, como a barba, o espessamento das pregas vocais (que torna a voz mais grave) e maior desenvolvimento da musculatura em relação às mulheres. Esse hormônio também induz o amadurecimento dos órgãos genitais e promove o impulso sexual.

ATIVIDADES

Revendo conceitos, fatos e processos

Registre em seu caderno

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 1 a 5.

a) axônio
b) dendrito
c) estrato mielínico
d) gliócito
e) neurônio

1. A célula especializada na condução de impulsos nervosos no corpo é o (▬). 1. e

2. O prolongamento da célula nervosa que conduz o impulso nervoso para longe do corpo celular e o transmite para outra célula é chamado (▬). 2. a

3. O (▬) é um prolongamento de uma célula nervosa, em geral bastante ramificado, que conduz o impulso nervoso em direção ao corpo celular. 3. b

4. O (▬) é um componente do sistema nervoso com função de sustentar, proteger, nutrir e auxiliar no funcionamento das células especializadas na condução de impulsos nervosos. 4. d

5. As camadas de membrana de certas células gliais, que revestem os prolongamentos de determinados tipos de neurônio, constituem o (▬). 5. c

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases 6 e 7.

a) encéfalo
b) gânglio nervoso
c) medula espinal
d) nervo
e) sistema nervoso

6. O(A) (▬) é um filamento formado por fibras nervosas envoltas por tecido conjuntivo que se projeta do sistema nervoso central. 6. d

7. O(A) (▬) é um pequeno aglomerado de corpos celulares de neurônios localizados fora do sistema nervoso central que forma uma dilatação em certos feixes de fibras nervosas. 7. b

8. Que nome recebe o conjunto de células que elimina, no sangue, determinadas substâncias que modificam o funcionamento de outras células do corpo? 8. b

a) Aparelho.
b) Glândula endócrina.
c) Glândula exócrina.
d) Órgão.

9. Que nome é dado a uma substância química produzida por células especializadas e que, pela circulação, atinge outras células do corpo modificando seu funcionamento? 9. a

a) Hormônio.
b) Neurotransmissor.
c) Receptor.
d) Vitamina.

10. O pâncreas, em sua função endócrina, controla a 10. c

a) retenção de água no corpo.
b) concentração de cálcio no sangue.
c) concentração de açúcar no sangue.
d) permeabilidade dos capilares sanguíneos.

11. Qual das alternativas apresenta o sentido correto de propagação do impulso nervoso em um neurônio? 11. c

a) Axônio → corpo celular → dendrito.
b) Corpo celular → dendrito → axônio.
c) Dendrito → corpo celular → axônio.
d) Dendrito → axônio → corpo celular.

12. Os neurotransmissores são liberados na sinapse quando um impulso nervoso 12. a

a) chega à extremidade do axônio.
b) chega ao corpo celular do neurônio.
c) se propaga pelo dendrito.
d) se propaga pela célula muscular.

13. Um raio de luz que penetra no olho passa, na sequência, por: 13. a

a) córnea → humor aquoso → pupila → lente → corpo vítreo.
b) córnea → pupila → humor aquoso → lente → corpo vítreo.
c) pupila → córnea → humor aquoso → lente → corpo vítreo.
d) pupila → humor aquoso → córnea → lente → corpo vítreo.

14. Se uma pessoa não tivesse cones em sua retina, mas seus bastonetes fossem normais, ela 14. b

a) não enxergaria na penumbra.
b) não veria cores.
c) seria cega.
d) teria visão normal.

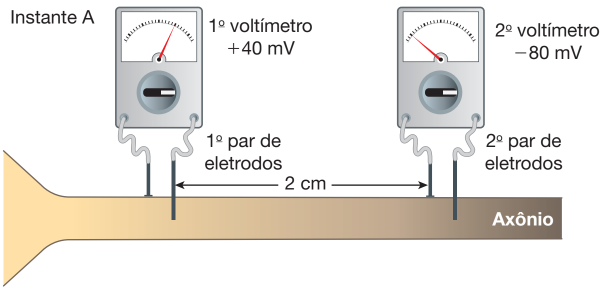
Questões para exercitar o pensamento

Registre em seu caderno

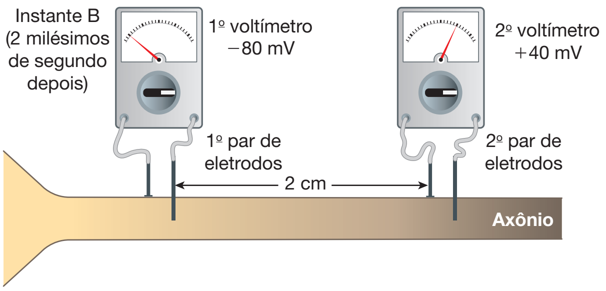
15. Em condições normais, os neurotransmissores liberados por um neurônio ligam-se a receptores de outro neurônio para propagar o impulso nervoso. Logo que isso ocorre, enzimas presentes na membrana dos neurônios degradam o neurotransmissor, de modo que cada liberação de neurotransmissor cause apenas um impulso. Certas substâncias usadas em armas químicas, como o fluorfosfato de isopropil, conhecido por "gás nervoso", inibem a ação dessas enzimas, o que faz os neurotransmissores permanecerem na sinapse por muito mais tempo. Com base nessas informações, o que ocorreria a uma pessoa que inalasse o tal gás nervoso?

16. Um impulso nervoso, ao chegar à extremidade de um axônio na região de uma sinapse neuromuscular, induz a liberação da acetilcolina, neurotransmissor que desencadeia um potencial de ação na fibra muscular, provocando sua contração. Há tribos indígenas da América do Sul que envenenam as flechas com curare, substância vegetal capaz de se combinar estavelmente aos receptores de acetilcolina das células musculares. Com base nessas informações, proponha um mecanismo plausível para explicar por que a injeção de curare paralisa e mata um animal.

17. Um pesquisador da fisiologia nervosa montou a seguinte experiência: isolou um longo neurônio de um animal, cujo axônio media aproximadamente 3 cm de comprimento. Em condições adequadas, instalou no axônio, perto do corpo celular, um par de microeletrodos conectados a um voltímetro. Instalou outro par de microeletrodos e outro voltímetro a exatamente 2 cm do primeiro, próximo à terminação axônica. Em seguida, aplicou um forte estímulo nos dendritos do neurônio. A situação experimental está representada no esquema a seguir.



LUIZ RUBIO



a) Interprete os resultados observados quanto aos potenciais registrados nos voltímetros.

b) Represente a situação das cargas elétricas dentro e fora da membrana do axônio nos instantes A e B.

c) Calcule, com os dados disponíveis, a velocidade, em km/h, de propagação do impulso nervoso nesse neurônio.

A Biologia no vestibular e no Enem

Registre em seu caderno

1. (Fazu-MG) A região de encontro entre os neurônios e entre neurônios e órgãos, onde ocorre a transmissão química de impulsos elétricos, é denominada 1. e

a) desmossomos.
b) axônio.
c) neuróglia.
d) bainha de mielina.
e) sinapse.

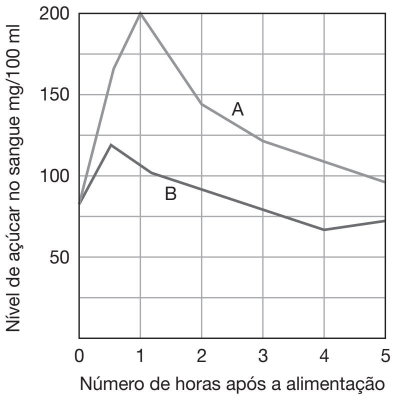
2. (UFPE) Qual alternativa indica um hormônio muito importante para o equilíbrio hídrico no corpo humano, conhecido como "hormônio poupador de água"? 2. c

a) A acetilcolina.
b) A timosina.
c) O ADH.
d) A adrenalina.
e) O glucagon.

3. (UEPB) O bócio endêmico é um quadro clínico que decorre da carência de iodo na alimentação. Esta doença ocorre pela hiperplasia da(s) glândula(s) 3. e

a) neuroipófise.
b) paratireóideas.
c) suprarrenais.
d) adenoipófise.
e) tireóidea.

4. (Fuvest-SP) O gráfico mostra os níveis de glicose no sangue de duas pessoas (A e B), nas cinco horas seguintes, após elas terem ingerido tipos e quantidades semelhantes de alimento. A pessoa A é portadora de um distúrbio hormonal que se manifesta, em geral, após os 40 anos de idade. A pessoa B é saudável.



ADILSON SECCO

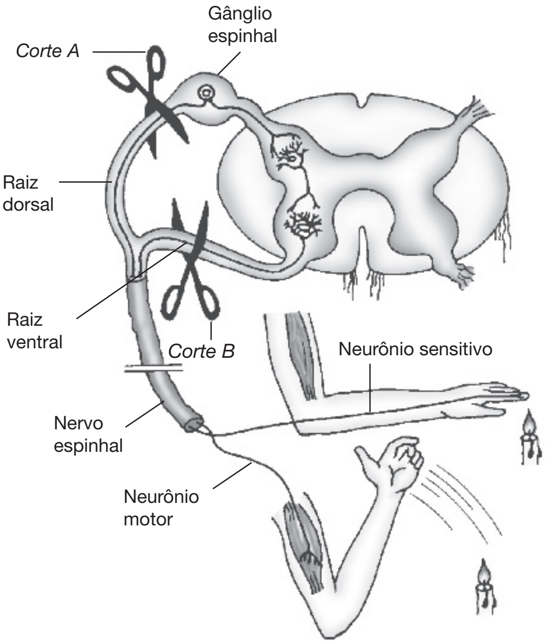
Qual das alternativas indica o hormônio alterado e a glândula produtora desse hormônio? 4. a

a) Insulina; pâncreas.
b) Insulina; fígado.
c) Insulina; hipófise.
d) Glucagon; fígado.
e) Glucagon; suprarrenal.

5. (UFG-GO) Um chimpanzé com lesão no cerebelo tem comprometida a sua capacidade de 5. b

a) mastigar e engolir os alimentos.
b) equilibrar-se sobre os galhos de árvores.
c) enxergar a fêmea para o acasalamento.
d) ouvir o som dos predadores.
e) sentir o odor dos feromônios.

6. (Fuvest-SP) A figura apresenta um arco reflexo: o calor da chama de uma vela provoca a retração do braço e o afastamento da mão da fonte de calor. Imagine duas situações: em A seria seccionada a raiz dorsal do nervo e em B, a raiz ventral. 6. c



OSVALDO SEQUETIN

(Elementos fora de proporção de tamanho entre si.)

Considere as seguintes possibilidades relacionadas à transmissão dos impulsos nervosos nesse arco reflexo.

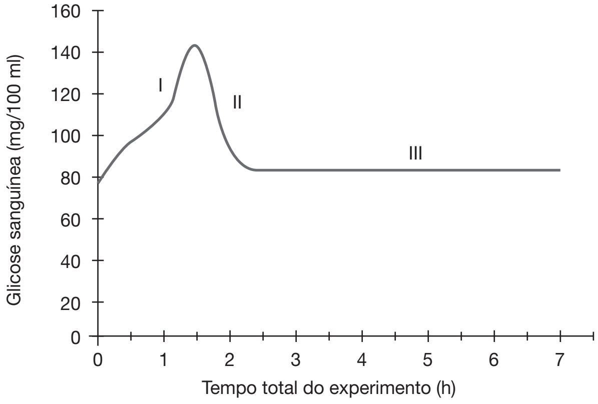
I. A pessoa sente a queimadura, mas não afasta a mão da fonte de calor.
II. A pessoa não sente a queimadura e não afasta a mão da fonte de calor.
III. A pessoa não sente a queimadura, mas afasta a mão da fonte de calor.

Quais dessas possibilidades aconteceriam na situação A e na situação B, respectivamente?

	A	B
a)	I	II
b)	I	III
c)	II	I
d)	II	III
e)	III	II

Questões discursivas

7. (Unicamp-SP) A figura abaixo apresenta os resultados obtidos durante um experimento que visou medir o nível de glicose no sangue de uma pessoa saudável após uma refeição rica em carboidratos.



ADILSON SECCO

(Elaborado com base em LUZ, M. R. M. P.; DA POIAN, A. T. O ensino classificatório do metabolismo humano. *Cienc. cult,* v. 57, n. 4, p. 43-45, 2005.)

As dosagens de glicose no sangue foram obtidas a intervalos regulares de 30 minutos.

a) Explique os resultados obtidos nas etapas I e II mostradas na figura.
b) Sabendo-se que a pessoa só foi se alimentar novamente após 7 horas do início do experimento, explique por que na etapa III o nível de glicose no sangue se manteve constante e em dosagens consideradas normais.

8. (Unicamp-SP) O texto a seguir se refere ao relato de um viajante inglês que esteve em Minas Gerais entre 1873 e 1875:

> O bócio é muito comum entre os camponeses mais pobres, mas raramente é visto nos fazendeiros mais prósperos. A presença de cal nas águas dos córregos e uma atmosfera úmida são consideradas as causas primárias do mal, mas hábitos indolentes e uma ausência de toda higiente e limpeza, seja na própria pessoa ou na casa, são sem dúvida grandes promotores da doença. Pode ser, e possivelmente é, hereditária, pois está principalmente confinada àqueles nascidos nas áreas afetadas, e os colonos vindos de outras localidades não são muito sujeitos a ela.
>
> Adaptado de: WELLS, James W. *Explorando e viajando três mil milhas através do Brasil, do Rio de Janeiro ao Maranhão*. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 1995. v. 1.

a) Das causas mencionadas pelo autor, alguma é realmente responsável pelo aparecimento do bócio? Justifique.
b) Qual a consequência do aparecimento do bócio para o organismo?
c) Que medida foi tomada pelos órgãos de saúde brasileiros para combater o bócio endêmico?

Capítulo 12

Revestimento, suporte e movimento do corpo humano

SOGNO LUCIDO/SHUTTERSTOCK

A capoeira é um misto de dança e de arte marcial. Os capoeiristas exercitam a força muscular, a flexibilidade, a agilidade e a execução precisa dos movimentos corporais.

A importância do trabalho em equipe

Qual sistema é mais importante em nosso corpo? Resposta: todos. Para funcionar com saúde e harmonia, o organismo humano depende igualmente de todos os sistemas, da pele ao sistema nervoso.

É claro que em todo time há “estrelas”, como o sistema cardiovascular e o sistema nervoso; além de famosos, eles têm que “mostrar serviço” o tempo todo ou podem causar grandes prejuízos ao organismo. Outros sistemas fazem seu trabalho mais discretamente, como o sistema imunitário, responsável pelas defesas do corpo. Esse sistema mostra toda a sua importância em momentos de crise. O vírus HIV, por exemplo, ao enfraquecer as defesas imunitárias, facilita a instalação de infecções que nas pessoas saudáveis passam despercebidas devido ao trabalho dedicado e constante do sistema imunitário.

Uma simples dança com uma pessoa especial envolve todos os sistemas de nosso corpo. Com a emoção do momento, nosso coração se acelera e a respiração se torna mais curta. Podemos começar a transpirar, pois a temperatura corporal aumenta com o movimento e o contato com o parceiro, enviando ao cérebro informações que estimulam a produção de adrenalina. A proximidade com outra pessoa também aguça nosso olfato. A música não apenas nos embala, mas tem o poder de evocar lembranças. E, em meio a tudo isso, ainda conseguimos coordenar nossos passos, aprendidos especialmente para a ocasião!

A dança mobiliza ainda muitos outros mecanismos. Músculos revestem os mais de 200 ossos do esqueleto e, guiados pelo sistema nervoso, executam movimentos precisos e harmoniosos, que nos fazem deslizar suavemente pela pista.

Basta imaginar situações como essas e outras, comuns no dia a dia, para perceber o alto grau de integração necessário para manter nossa vida. Pense nisso ao estudar este capítulo.

A importância do assunto

Neste último capítulo do livro, vamos estudar os sistemas de revestimento, de sustentação esquelética e de movimentação do corpo humano. Com isso, completamos o módulo 4, dedicado ao conhecimento dos aspectos básicos de nosso organismo.

Embora cada sistema seja estudado separadamente, devemos ter sempre em mente que os sistemas agem em conjunto, como uma grande equipe, organizada em diversos níveis, das células ao organismo. Compreender o todo com base nos elementos componentes requer muita reflexão e imaginação para "recompor" aquilo que dissecamos em nossas análises de aprendizagem. Entretanto, esse desafio amplia nossos horizontes de conhecimento e ajuda a entender melhor nossa complexidade tipicamente humana.

12.1 Estrutura e funções da pele humana

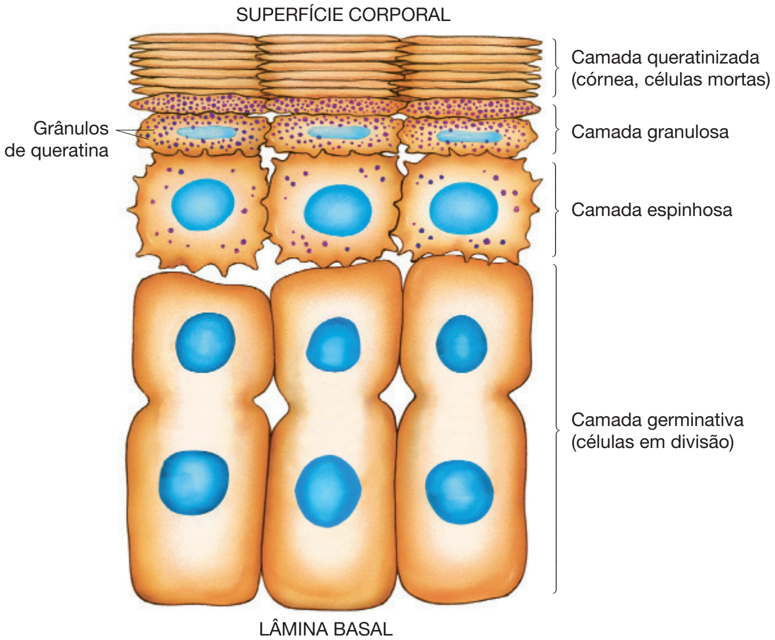
A **pele** humana é um órgão complexo, responsável por diversas funções. Além de proteger o corpo de agentes físicos, químicos e biológicos, ela é responsável pela sensibilidade tátil e pela manutenção da temperatura corporal.

A pele é formada por dois tecidos firmemente unidos entre si: o mais externo é a epiderme, que se origina do ectoderma do embrião; o mais interno é a derme, que se origina do mesoderma embrionário.

Epiderme

A **epiderme** (do grego *epi*, sobre, acima, e *dermatos*, pele) é um tecido epitelial constituído por várias camadas de células sobrepostas, bem aderidas umas às outras. A epiderme tem normalmente quatro estratos ou camadas. Na camada mais interna, denominada camada germinativa, há contínua produção de novas células por mitose. As células recém-formadas empurram as camadas celulares sobre elas; assim, durante sua vida, as células epidérmicas vão se deslocando da região mais profunda do tecido, onde se formaram (camada germinativa), para a porção mais externa da pele.

Durante o trajeto, as células epidérmicas passam por diversas transformações: achatam-se e ancoram-se firmemente às vizinhas (camada espinhosa), produzem queratina, proteína fibrosa e resistente (camada granulosa), e finalmente morrem, transformando-se em placas microscópicas com forma de escama, constituindo a camada queratinizada, ou camada córnea, que se renova aproximadamente a cada três semanas. (Fig. 12.1)


SUPERFÍCIE CORPORAL
Camada queratinizada (córnea, células mortas)
Grânulos de queratina
Camada granulosa
Camada espinhosa
Camada germinativa (células em divisão)
LÂMINA BASAL

JURANDIR RIBEIRO

Figura 12.1 Representação esquemática que mostra as quatro camadas de epiderme. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Na epiderme há células especializadas na produção de **melanina**, o pigmento de cor marrom-escura que colore a pele e os pelos, protegendo o organismo dos efeitos deletérios da radiação ultravioleta da luz solar. Essas células são os **melanócitos**. Embora a quantidade de melanócitos seja semelhante em todas as pessoas, indivíduos de pele clara têm menor quantidade de melanina nos melanócitos que os de pele escura. A exposição ao sol estimula a produção de melanina.

Entre as células epidérmicas estão presentes as células de Langerhans, cuja função é reconhecer e destruir agentes estranhos que entram na pele, além de alertar o sistema imunitário, que combaterá os invasores.

Anexos da pele

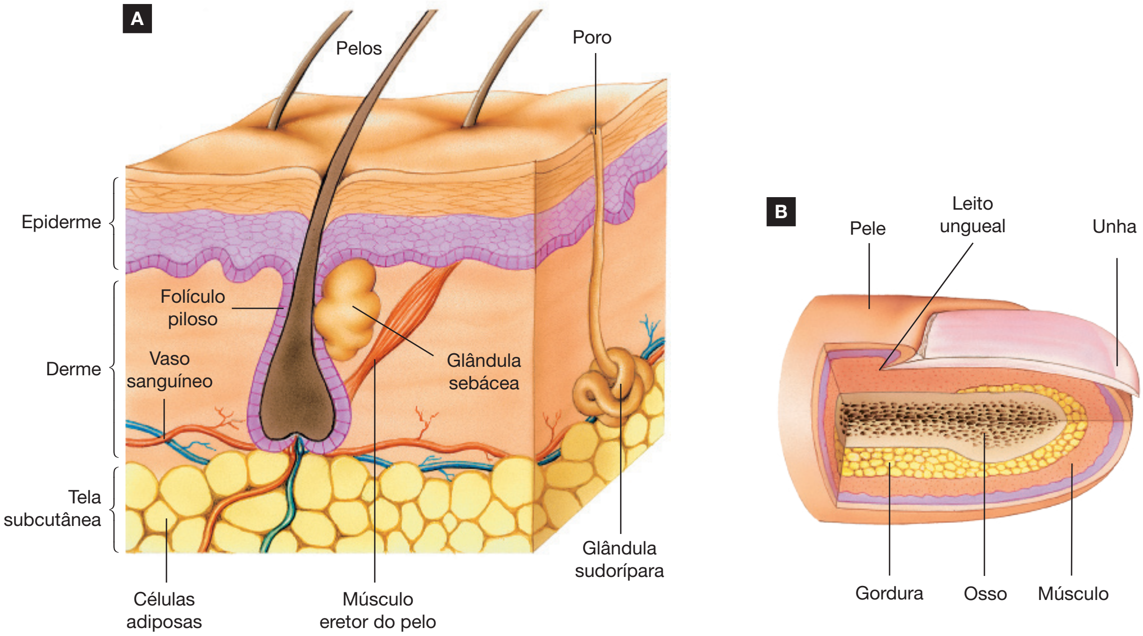
A epiderme é responsável pela formação dos chamados anexos da pele: os pelos, as glândulas sebáceas, as glândulas sudoríparas e as unhas.

Pelos são finos bastões de queratina resultantes da compactação de restos de células epidérmicas mortas. Eles se formam no interior de invaginações epidérmicas denominadas **folículos pilosos**. Cada folículo piloso está ligado a um pequeno músculo eretor, que permite a movimentação do pelo, e a glândulas sebáceas, que o lubrificam.

Glândulas sebáceas são pequenas bolsas constituídas por células epiteliais glandulares, localizadas junto aos folículos pilosos, nos quais lançam sua secreção oleosa; esta se espalha pela superfície epidérmica, lubrificando-a. Em apenas 1 cm^2 de pele pode haver mais de uma dezena de glândulas sebáceas associadas a pelos.

Glândulas sudoríparas são estruturas tubulares enoveladas, localizadas na derme, que eliminam na superfície corporal o **suor**, solução aquosa que contém íons de sódio, de potássio e de cloro, além de ureia, amônia, ácido úrico, entre outras substâncias. As glândulas sudoríparas estão presentes em todo o corpo, exceto na glande do pênis e nos lábios. Em certas regiões do corpo pode haver cerca de 60 glândulas sudoríparas em apenas 1 cm^2 de pele. O suor depositado na pele evapora ao absorver grande quantidade de calor da superfície corpórea e, como resultado, promove o resfriamento do corpo.

Unhas são placas de queratina presentes nas pontas dos dedos. Nos pés, elas auxiliam no equilíbrio ao caminhar; nas mãos, facilitam a apreensão e a manipulação de objetos. A unha cresce pela contínua compactação de restos de células mortas repletas de queratina que se formam no chamado leito ungueal, dobra epidérmica perto da ponta do dedo, na base da unha. (Fig. 12.2)



ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Figura 12.2 A. Representação esquemática de corte de pele humana, mostrando pelos, glândula sebácea e glândula sudorípara. **B.** Dedo humano em corte mostrando o leito ungueal. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Derme

A **derme** é o tecido conjuntivo que garante suporte e nutrição às células da epiderme. Como todo tecido conjuntivo, apresenta células separadas por grande quantidade de material intercelular rico em fibras proteicas. As principais células dérmicas são os **fibroblastos**, que produzem fibras proteicas e uma substância gelatinosa que preenche os espaços intercelulares.

As fibras da derme podem ser de três tipos: fibras colágenas (mais espessas e resistentes), fibras elásticas (mais finas e elásticas) e fibras reticulares (ainda mais finas e entrelaçadas). É o conjunto dessas fibras que confere a resistência e a elasticidade típicas da pele.

Além de abrigar as raízes dos pelos, as glândulas sebáceas e as glândulas sudoríparas, a derme contém ainda vasos sanguíneos, vasos linfáticos e terminações nervosas sensitivas.

Imediatamente abaixo da derme há um tecido conjuntivo frouxo, denominado **tela subcutânea**, ou hipoderme, rica em fibras e em células que armazenam gordura (células adiposas). Além de constituir reserva de energia, a gordura acumulada nesse tecido age como isolante térmico do corpo. Apesar de associada à pele, a tela subcutânea não é considerada parte dela.

Funções da pele humana

A pele humana atua como barreira protetora contra agentes físicos, químicos e biológicos. A camada de células mortas da epiderme, por exemplo, nos protege de atritos e arranhões. As secreções das glândulas sebáceas e das glândulas sudoríparas contêm substâncias que matam diversos tipos de microrganismos. Entretanto, na pele vive uma flora bacteriana normal que não nos causa dano; eventualmente, a proliferação excessiva dessas bactérias pode provocar um odor característico, o que pode ser evitado com higiene corporal adequada.

A pele desempenha papel essencial na manutenção da temperatura do corpo. Quando este se aquece, impulsos nervosos causam dilatação de vasos sanguíneos dérmicos, com maior circulação de sangue na pele. Com isso, a irradiação de calor para o meio se torna maior e o corpo esfria. Em dias frios, os vasos sanguíneos da pele se contraem, com diminuição do sangue circulante na superfície corporal e consequente redução da perda de calor.

Além de tantas funções importantes, a pele é responsável pela percepção de estímulos mecânicos, térmicos ou dolorosos, captados por inúmeras terminações nervosas. (Fig. 12.3)

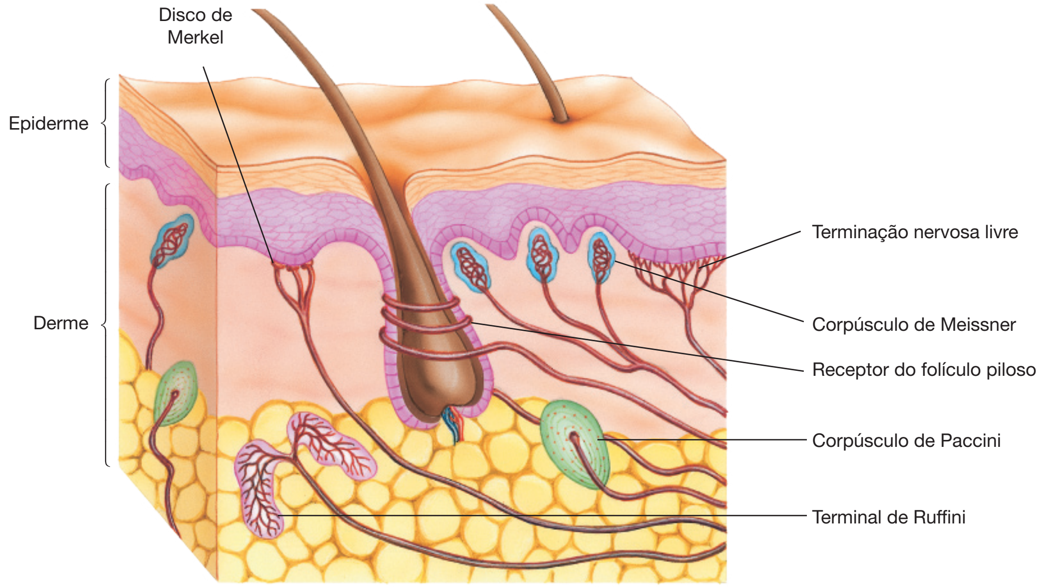


Figura 12.3 Representação esquemática de pele humana em corte, mostrando receptores sensoriais. O disco de Merkel capta estímulos de pressão e tração; o terminal de Ruffini percebe calor; o corpúsculo de Paccini capta estímulos táteis e de vibrações; o corpúsculo de Meissner capta estímulos táteis; as terminações nervosas livres percebem estímulos mecânicos, térmicos e dolorosos; o receptor do folículo piloso capta a movimentação do pelo. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

JURANDIR RIBEIRO

12.2 Sistema esquelético humano

O corpo humano é sustentado por um conjunto bem articulado de peças ósseas e cartilaginosas unidas por tendões e ligamentos: o **esqueleto**. Além de proteger os órgãos internos, o esqueleto define o eixo corporal e participa da movimentação, servindo de ponto de apoio para a ação muscular. Ele também armazena íons como o fosfato e o cálcio e produz células sanguíneas no tecido hematopoiético, presente na medula de certos ossos.

Componentes do esqueleto

Tecido ósseo

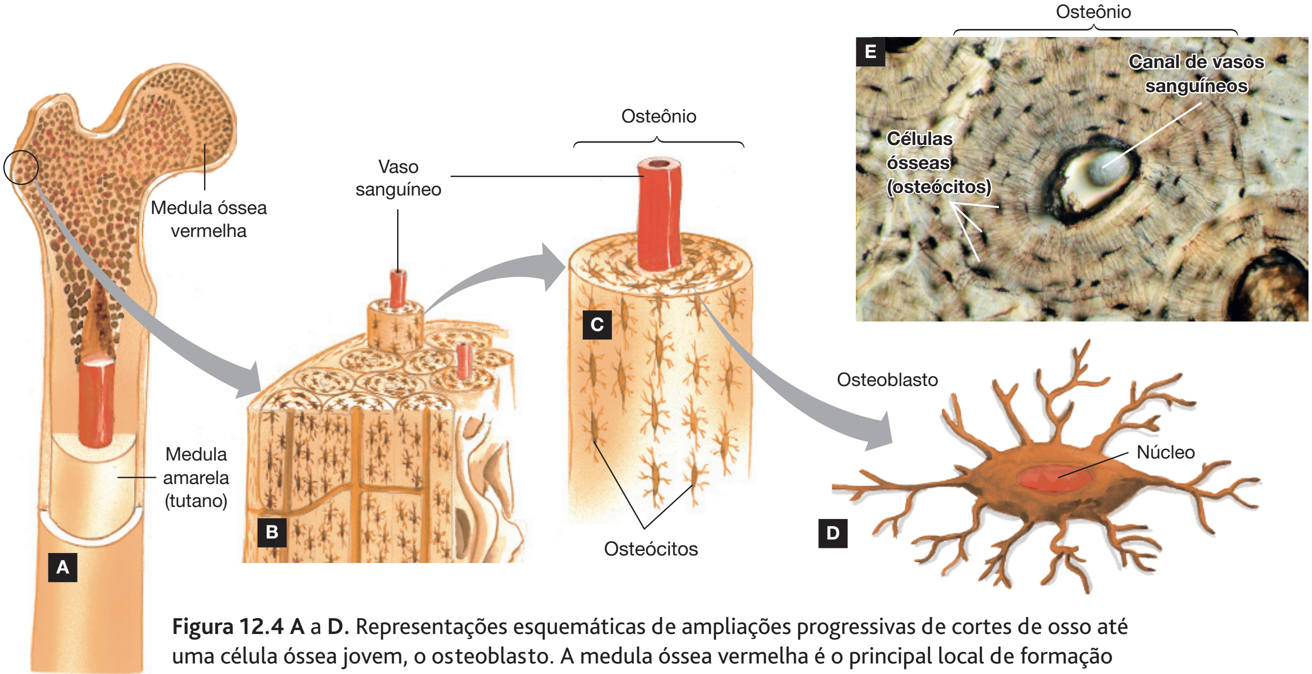
O **tecido ósseo** é um tipo especial de tecido conjuntivo em que a substância intercelular é rígida, devido à associação entre fibras colágenas e cristais de fosfato de cálcio [$Ca_3(PO_4)_2$]. Cerca de 99% do cálcio de nosso corpo concentra-se no esqueleto. Como pôde ser visto no capítulo anterior, o intercâmbio de cálcio entre os ossos e o sangue é controlado pelos hormônios calcitonina e paratormônio.

As células que produzem a matriz óssea, composta de fibras e substâncias intercelulares, são os **osteoblastos** (do grego *osteon*, osso, e *blastos*, no sentido de célula jovem). Essas células têm longas projeções citoplasmáticas, que tocam as de osteoblastos vizinhos. À medida que secretam a matriz rígida ao seu redor, os osteoblastos acabam confinados a pequenas câmaras individuais, ligadas a outras apenas pelos canais modelados pelos prolongamentos citoplasmáticos.

Quando o osteoblasto amadurece e se transforma em **osteócito**, os prolongamentos celulares se retraem e a célula passa a ocupar apenas a lacuna central. Pelos canalículos modelados durante a formação da matriz óssea circulam fluidos provenientes do sangue, trazendo nutrientes e gás oxigênio para as células ósseas.

Além de osteoblastos e osteócitos, os ossos apresentam células multinucleadas, os **osteoclastos** (do grego *klastos*, quebrar, destruir). Essas células, que podem ter de 6 a 50 núcleos, deslocam-se sobre as superfícies ósseas e destroem áreas lesadas ou envelhecidas do osso, possibilitando assim sua regeneração, pela formação de novos osteoblastos e osteócitos. Graças à atividade conjunta de osteoblastos e osteoclastos, o tecido ósseo está em constante remodelação.

Muitos ossos são constituídos por unidades denominadas **osteônios**, ou sistemas haversianos. Cada osteônio é formado por várias camadas concêntricas de matriz óssea mineralizada, depositadas ao redor de um canal onde há vasos sanguíneos e nervos. (Fig. 12.4)



HERVE CONGE, ISM/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

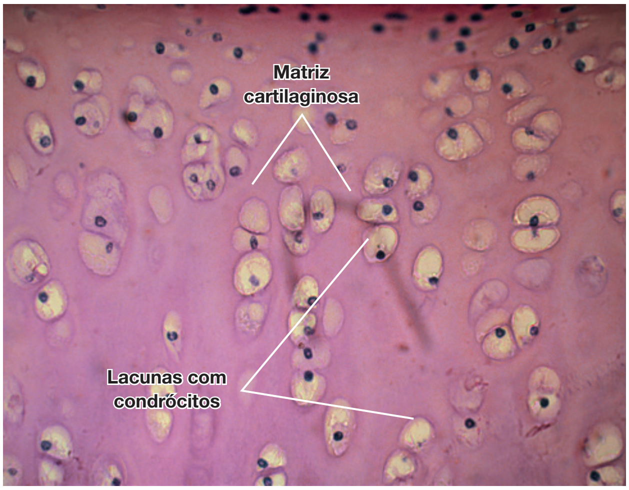
Figura 12.4 A a **D.** Representações esquemáticas de ampliações progressivas de cortes de osso até uma célula óssea jovem, o osteoblasto. A medula óssea vermelha é o principal local de formação das células sanguíneas; a medula óssea amarela é rica em células adiposas. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) **E.** Fotomicrografia de um corte transversal de osso, mostrando osteônios e osteócitos. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 165×; cores artificiais.)

Os ossos estão envoltos por tecidos conjuntivos que constituem o periósteo, onde há também células mesenquimatosas, capazes de gerar novos osteoblastos. As células mesenquimatosas são, na verdade, células-tronco ósseas, que permitem a contínua reconstrução e a reparação das fraturas dos ossos.

Tecido cartilaginoso

O **tecido cartilaginoso**, presente no nariz e nas orelhas, entre outros locais do corpo, caracteriza-se pela resistência aliada à flexibilidade. Essas características se devem à sua matriz intercelular rica em fibras colágenas e em materiais consistentes, produzidos e secretados por células denominadas **condroblastos** (do grego *chondros*, cartilagem, e *blastos*, com sentido de célula jovem).

Em cartilagens completamente formadas, os condroblastos já amadureceram e diminuíram de tamanho, passando a ser chamados condrócitos. Cada condrócito fica confinado em uma lacuna ligeiramente maior que ele, modelada durante a formação da matriz intercelular. (Fig. 12.5)



ERIC GRAVE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

Figura 12.5 Fotomicrografia de um corte de cartilagem hialina, que é o tipo de cartilagem presente em maior quantidade no corpo humano. Note as lacunas na matriz cartilaginosa, onde se localizam os condrócitos. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 570×; cores artificiais.)

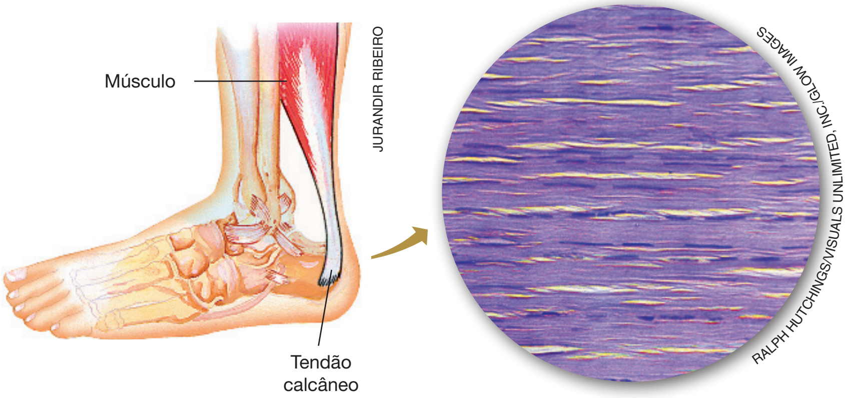
O tecido cartilaginoso é o único tecido conjuntivo sem vasos sanguíneos (avascular). Condroblastos e condrócitos recebem nutrientes e gás oxigênio de vasos sanguíneos localizados no **pericôndrio** (do grego *peri*, ao redor), o tecido conjuntivo que envolve a cartilagem. No pericôndrio também há células-tronco que podem se transformar em condroblastos, permitindo assim o crescimento e a regeneração do tecido cartilaginoso.

Caso haja tempo e interesse, proponha aos alunos que pesquisem o processo de reparação do corpo nos principais traumas que envolvem o sistema de suporte corpóreo: fraturas ósseas, fissuras na cartilagem, luxações, rompimento de tendões e ligamentos etc.

Tendões e ligamentos

Tendões e **ligamentos** são estruturas resistentes e pouco elásticas, constituídas por um tipo especial de tecido conjuntivo que contém grande quantidade de fibras colágenas orientadas paralelamente e com alto grau de compactação. Tendões ligam músculos a ossos, enquanto os ligamentos ligam os ossos articulados uns aos outros. (Fig. 12.6)

Figura 12.6 Tendão calcâneo, constituído por tecido conjuntivo. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) No círculo, fotomicrografia do tecido tendinoso. Note as fibras colágenas altamente compactadas. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 45×; cores artificiais.)



JURANDIR RIBEIRO

RALPH HUTCHINGS/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

O esqueleto humano

Uma pessoa adulta tem 206 ossos, responsáveis por cerca de 14% de sua massa corporal. O maior osso do corpo é o fêmur (o osso da coxa), com cerca de 45 cm de comprimento; os menores são os ossos da orelha média (bigorna, martelo e estribo), com cerca de 0,25 cm.

A região onde dois ossos fazem contato é denominada **articulação óssea**. Certas articulações são móveis, isto é, os ossos em contato podem movimentar-se um em relação ao outro; é o que ocorre na articulação do braço e do antebraço, por exemplo. Outras articulações são fixas, como as dos ossos do crânio, unidos firmemente, formando uma caixa óssea resistente.

As articulações ósseas móveis podem ser de vários tipos. Nos ombros, por exemplo, elas são do tipo "bola e soquete" e possibilitam movimentos giratórios dos braços. Nos joelhos e cotovelos, são do tipo "dobradiça", possibilitando movimentos de flexão em um único plano.

Os ossos de uma articulação móvel deslizam suavemente graças à presença de cartilagens lisas nas extremidades, além da lubrificação promovida por líquidos viscosos. Esses ossos se mantêm no lugar graças aos ligamentos. (Fig. 12.7)

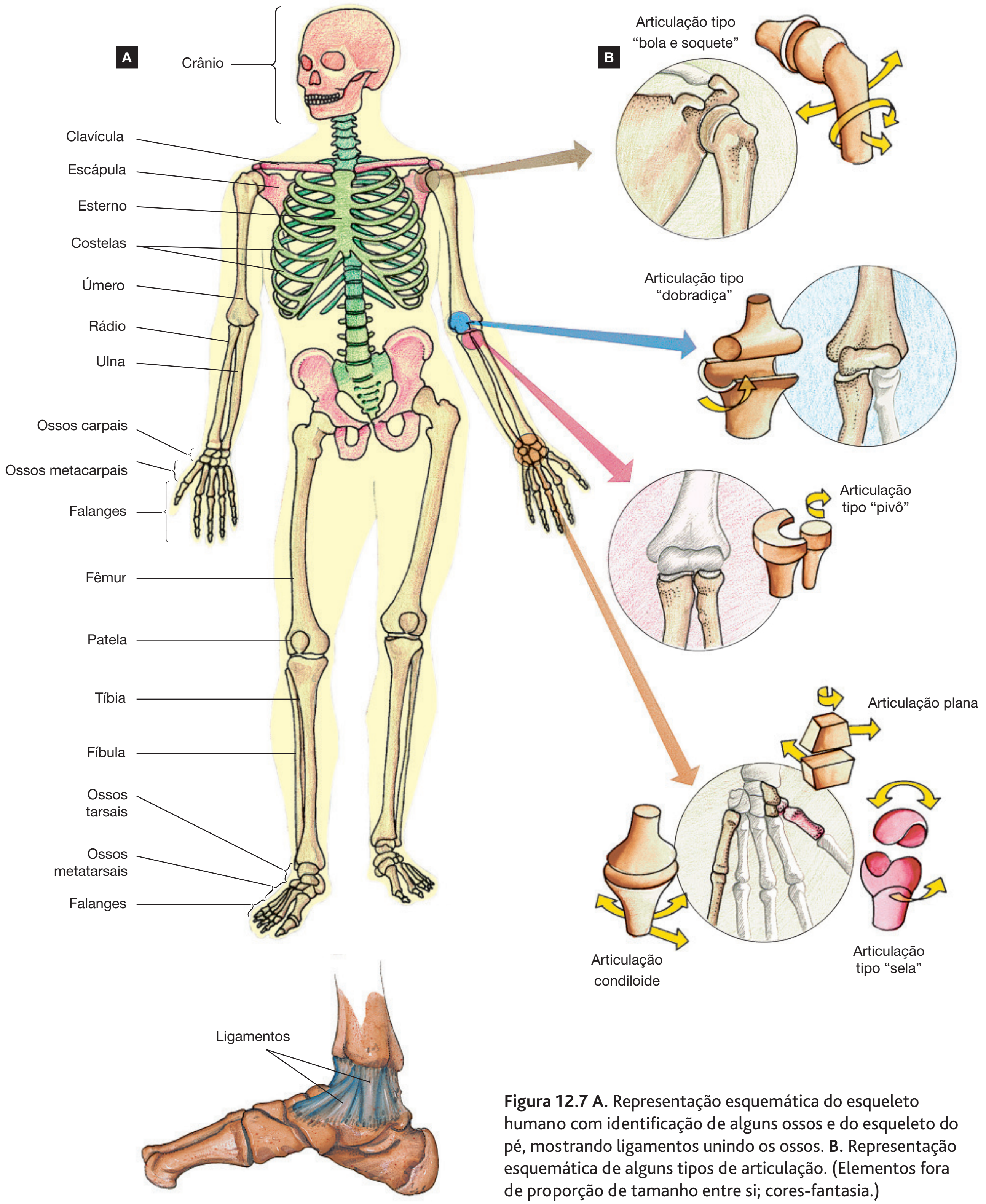

A
Crânio
Clavícula
Escápula
Esterno
Costelas
Úmero
Rádio
Ulna
Ossos carpais
Ossos metacarpais
Falanges
Fêmur
Patela
Tíbia
Fíbula
Ossos tarsais
Ossos metatarsais
Falanges
Ligamentos
B
Articulação tipo "bola e soquete"
Articulação tipo "dobradiça"
Articulação tipo "pivô"
Articulação plana
Articulação condiloide
Articulação tipo "sela"

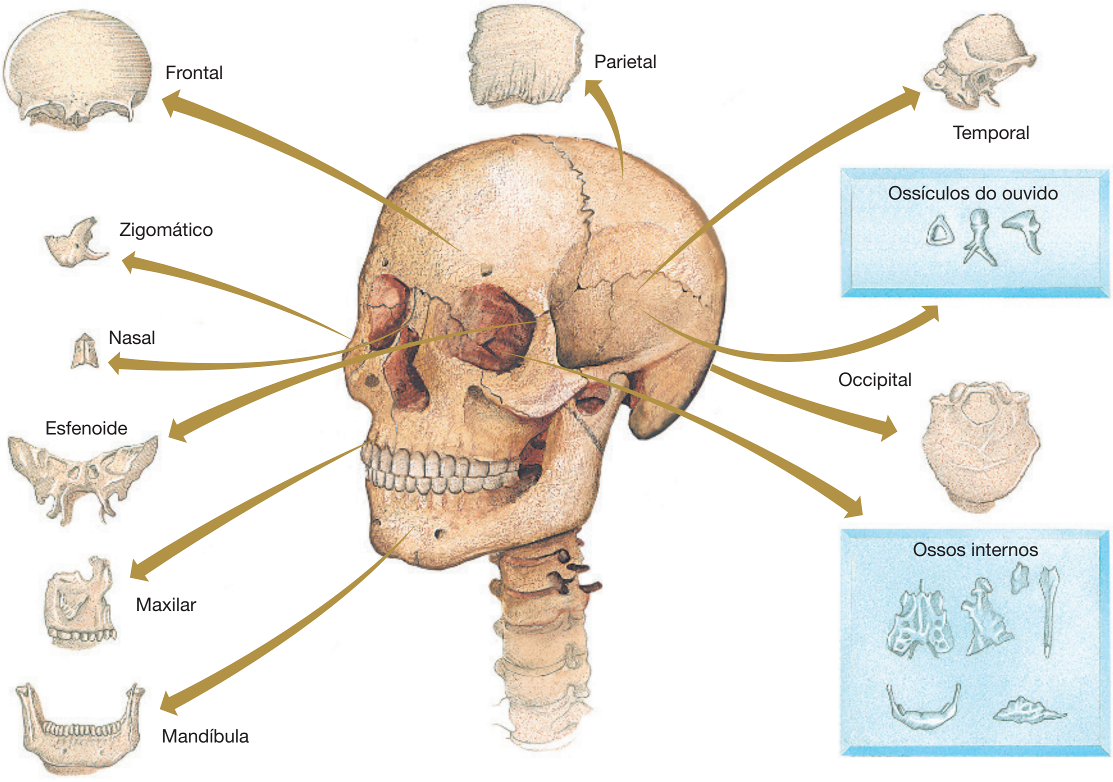
Figura 12.7 A. Representação esquemática do esqueleto humano com identificação de alguns ossos e do esqueleto do pé, mostrando ligamentos unindo os ossos. **B.** Representação esquemática de alguns tipos de articulação. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Nosso esqueleto pode ser dividido em **esqueleto axial**, constituído pelos ossos da cabeça e do tronco, e **esqueleto apendicular**, constituído pelos ossos dos membros e dos cíngulos dos membros (cinturas articulares pélvica e escapular).

Esqueleto axial

A **cabeça** tem 29 ossos; oito deles são abaulados e firmemente unidos, formando o **crânio**, a caixa arredondada que abriga e protege o encéfalo. Na região anterior do crânio estão os ossos da **face**, o maior dos quais é a mandíbula, único osso móvel da cabeça e que permite abrir e fechar a boca. (Fig. 12.8)



ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Figura 12.8 Representação esquemática de ossos do esqueleto da cabeça humana. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

O **tronco** é formado pela coluna vertebral, pelas costelas e pelo osso esterno. A **coluna vertebral**, também conhecida como espinha dorsal, é constituída por 33 **vértebras**. Nas pessoas adultas, algumas vértebras se fundem, reduzindo o número de ossos da coluna vertebral para 26.

As vértebras articulam-se em sequência e são unidas entre si por ligamentos, constituindo um eixo ósseo firme e flexível. A sobreposição dos orifícios presentes nas vértebras forma um tubo interno ao longo da coluna vertebral, no qual se localiza a medula espinal. Entre as vértebras há discos de cartilagem que atuam como amortecedores de choques.

As sete primeiras vértebras da coluna são chamadas de **vértebras cervicais** e constituem o pescoço, que sustenta a cabeça. Em seguida, há doze vértebras ligadas às costelas, **as vértebras torácicas**. As cinco **vértebras lombares**, as maiores da coluna, suportam o peso da parte superior do corpo quando estamos em pé. As cinco vértebras seguintes, as **vértebras sacrais**, são fundidas em pessoas adultas, formando o **osso sacro**; este, com o cíngulo dos membros inferiores (cintura pélvica), forma a **pelve**, ou bacia. As quatro últimas vértebras da coluna, as **vértebras coccígeas**, também se fundem com o passar dos anos, formando o **osso cóccix**.

Cada vértebra torácica está ligada a dois ossos em forma de arco, as **costelas**. Ao todo, há doze pares de costelas. As costelas formam uma estrutura comparável a uma gaiola de ossos, a **caixa torácica**, que protege o coração e os pulmões. Na base da caixa torácica, separando-a do abdome, localiza-se o diafragma; em conjunto com os músculos intercostais, o diafragma é responsável pelos movimentos respiratórios. (Relembre no capítulo 10.)

Os seis pares superiores de costelas unem-se, por meio de cartilagens, a um osso achatado localizado no meio do peito, o **esterno**. Essas são as chamadas costelas verdadeiras, pois unem a coluna vertebral ao esterno. Os quatro pares de costelas seguintes são mais curtos e suas extremidades prendem-se, também por cartilagens, às costelas acima deles; por isso, eles são chamados de costelas falsas. Os dois últimos pares de costelas terminam em pontas livres, sendo chamados de costelas flutuantes. Algumas pessoas podem apresentar um par de costelas a mais, um fenômeno três vezes mais comum em homens que em mulheres. (Fig. 12.9)

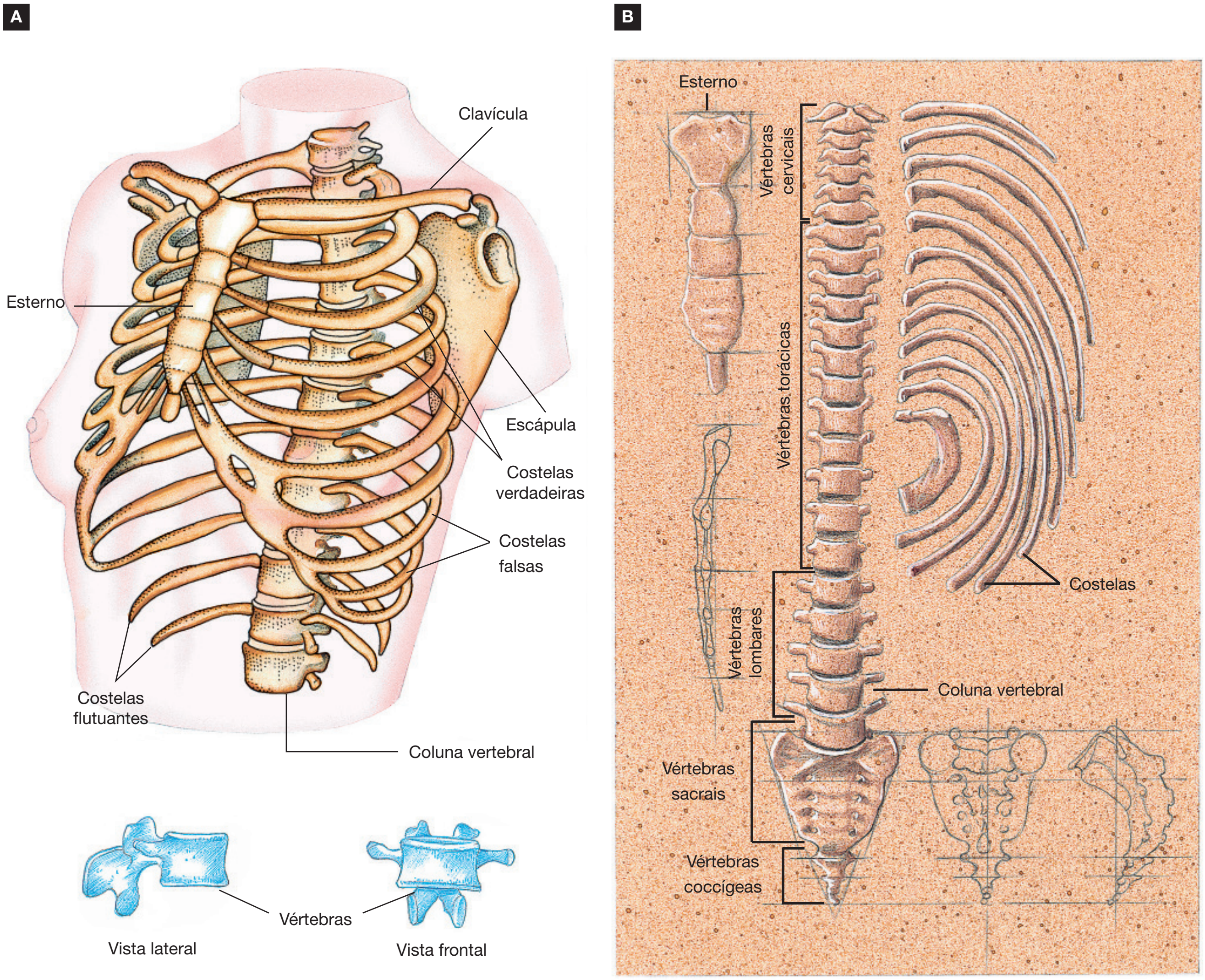

A
Clavícula
Esterno
Escápula
Costelas verdadeiras
Costelas falsas
Costelas flutuantes
Coluna vertebral
Vértebras
Vista lateral
Vista frontal
B
Esterno
Vértebras cervicais
Vértebras torácicas
Vértebras lombares
Vértebras sacrais
Vértebras coccígeas
Costelas
Coluna vertebral

Figura 12.9 A. Representação esquemática da caixa torácica humana. **B.** Representação esquemática da coluna vertebral e de costelas. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

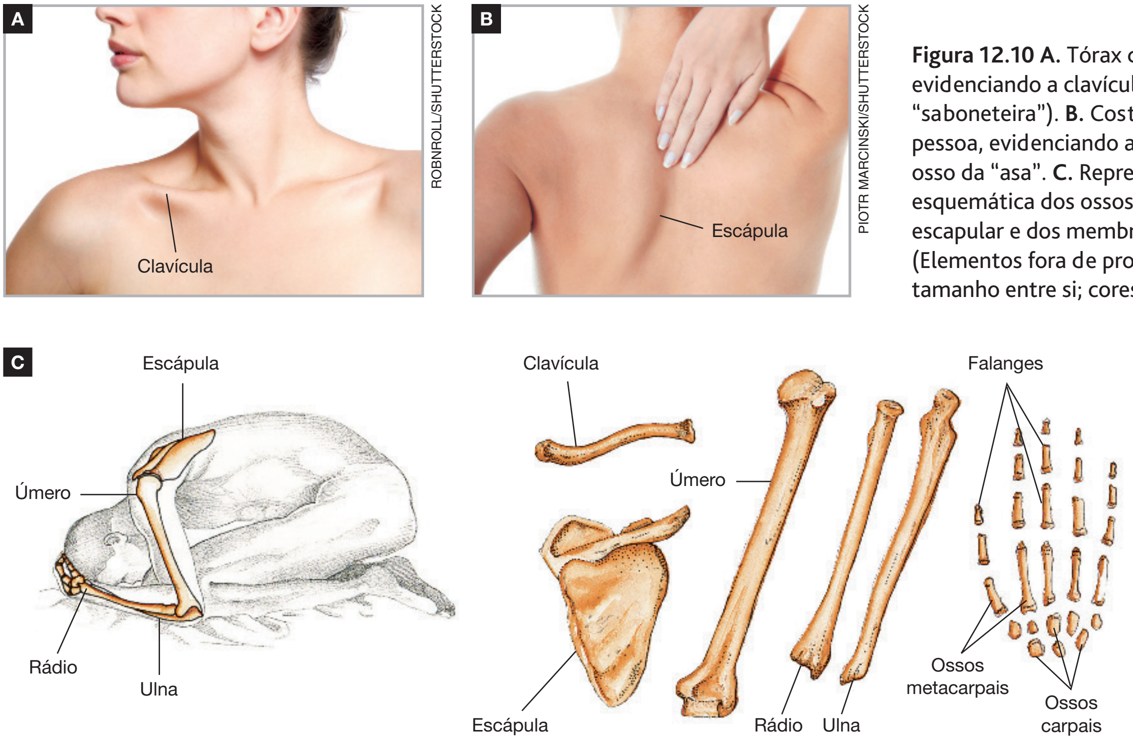
Esqueleto apendicular

Cada membro superior humano é composto de braço, antebraço e mão. A região em que a mão se articula com o antebraço é o punho. Cada membro inferior humano é composto de coxa, perna e pé. A região em que o pé se articula com a perna é o tornozelo.

O braço tem um único osso, o **úmero**. No cotovelo, o úmero articula-se com os dois ossos do antebraço, o **rádio** e a **ulna**. No punho, o rádio e a ulna articulam-se ao carpo, região da mão formada por oito ossos, os **ossos carpais**. Ao carpo segue-se o metacarpo, constituído por cinco ossos alongados, os **ossos metacarpais**, que se articulam com os ossos dos dedos, as **falanges**.

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

O esqueleto dos membros superiores liga-se ao esqueleto axial por meio do cíngulo dos membros superiores (ou cintura escapular). O cíngulo superior é constituído pela **escápula** (ou omoplata), osso achatado e triangular localizado na parte superior das costas, e pela **clavícula**, osso em forma de bastão curvo, situado na parte superior do peito. (Fig. 12.10)


A
Clavícula
B
Escápula
C
Escápula
Úmero
Rádio
Ulna
Clavícula
Úmero
Escápula
Rádio
Ulna
Falanges
Ossos metacarpais
Ossos carpais

ROBNROLL/SHUTTERSTOCK

PIOTR MARCINSKI/SHUTTERSTOCK

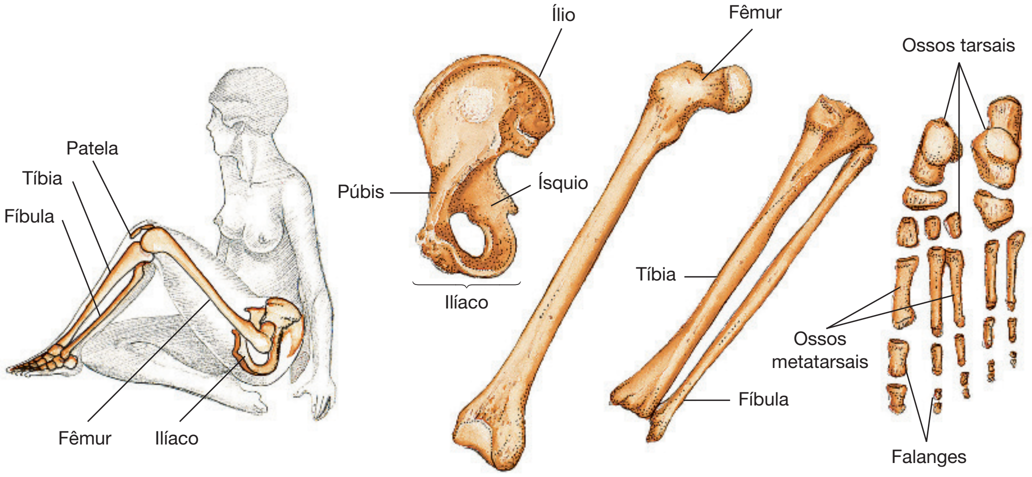
ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Figura 12.10 A. Tórax de uma pessoa, evidenciando a clavícula (osso da "saboneteira"). **B.** Costas de uma pessoa, evidenciando a escápula, osso da "asa". **C.** Representação esquemática dos ossos da cintura escapular e dos membros superiores. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

A coxa tem um único osso, o **fêmur**, o mais longo do corpo. A perna tem dois ossos, a **tíbia** e a **fíbula**. O fêmur articula-se com a tíbia e com a **patela**, pequeno osso em frente à articulação do joelho, onde também ocorre a articulação da tíbia com a fíbula.

No tornozelo, a tíbia e a fíbula articulam-se com o osso **tálus**, um dos sete **ossos tarsais** que formam o tarso, a região posterior do pé. Ao tarso segue-se o metatarso, composto de cinco ossos alongados (**ossos metatarsais**), que se articulam com as **falanges**, os ossos dos artelhos (ou "dedos dos pés").

O esqueleto dos membros inferiores liga-se ao esqueleto axial por meio do cíngulo dos membros inferiores (ou cintura pélvica), formado por um par de ossos, cada um deles resultante da fusão de três: **ílio, ísquio** e **púbis**. Na junção dos três ossos há uma concavidade, o acetábulo, onde se encaixa a "cabeça" arredondada do fêmur. (Fig. 12.11)


Patela
Tíbia
Fíbula
Fêmur
Ilíaco
Ílio
Púbis
Ísquio
Ilíaco
Fêmur
Tíbia
Fíbula
Ossos tarsais
Ossos metatarsais
Falanges

ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

Figura 12.11 Representação esquemática dos ossos da cintura pélvica e dos membros inferiores. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

12.3 Sistema muscular humano

A locomoção e a movimentação de partes do corpo, a circulação do sangue nos vasos sanguíneos, o deslocamento do alimento no tubo digestório, a eliminação de saliva pelas glândulas salivares e a saída de urina são apenas alguns exemplos de ações que dependem da atividade muscular. Cerca de metade da massa corporal de uma pessoa saudável é constituída por músculos. Eles podem ser comparados a "motores" que transformam a energia dos nutrientes em trabalho, permitindo a movimentação do corpo.

Os **músculos** são compostos basicamente de tecido muscular, cujas células são especializadas na contração. No corpo humano, há três tipos de tecido muscular: não estriado (ou liso), estriado cardíaco e estriado esquelético. (Fig. 12.12)

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

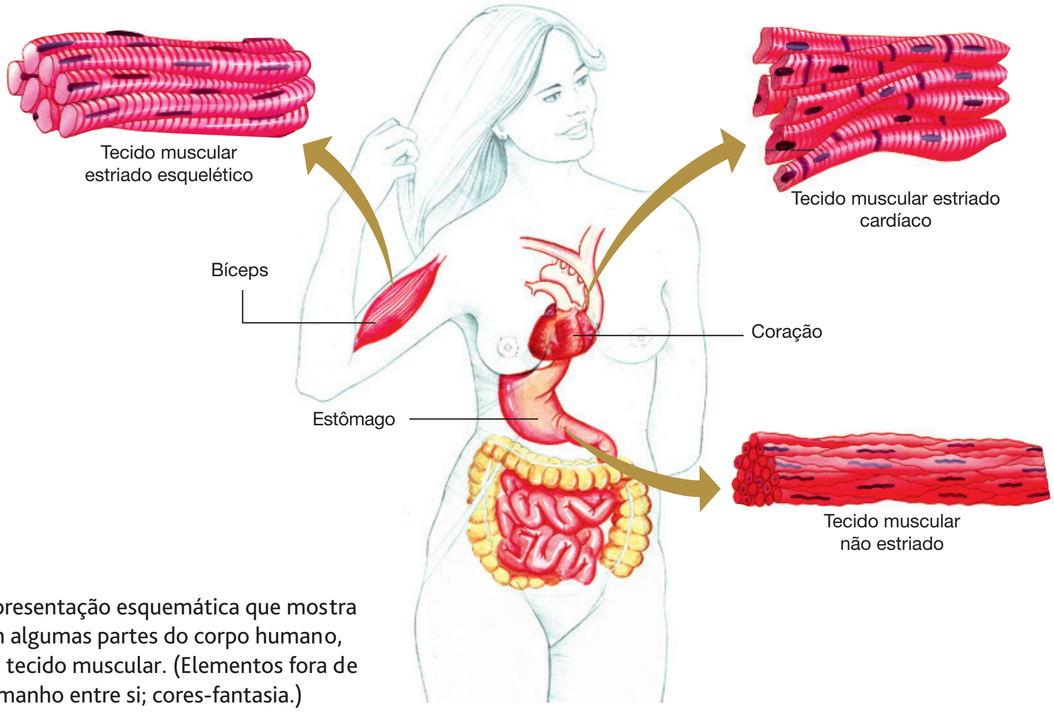

Tecido muscular estriado esquelético
Tecido muscular estriado cardíaco
Bíceps
Coração
Estômago
Tecido muscular não estriado

Figura 12.12 Representação esquemática que mostra a localização, em algumas partes do corpo humano, dos três tipos de tecido muscular. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Tecidos musculares

Tecido muscular não estriado

O **tecido muscular não estriado**, também chamado **tecido muscular liso**, está presente em órgãos internos como o estômago, o intestino e o útero, em dutos de diversas glândulas e nas paredes de artérias e veias. Nos órgãos do sistema digestório, por exemplo, a contração da musculatura lisa é responsável pelos movimentos peristálticos, que impulsionam os alimentos em seu trajeto pelo tubo digestório. Nas artérias e veias, a musculatura lisa contribui para a circulação do sangue e a manutenção da pressão arterial.

O tecido muscular liso é constituído por células alongadas, uninucleadas e sem estriação transversal, daí a denominação não estriado ou liso. Nas células musculares lisas, os filamentos das proteínas actina e miosina, responsáveis pela contração celular, não se organizam no padrão de faixas transversais típico dos tecidos musculares estriados, como veremos a seguir. A contração da musculatura lisa é involuntária, ou seja, não está sujeita ao controle consciente, assemelhando-se nesse aspecto à musculatura cardíaca. (Fig. 12.13)

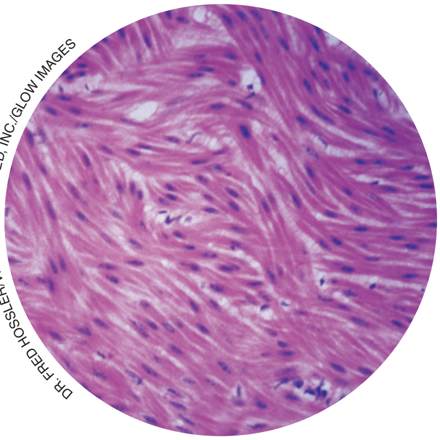
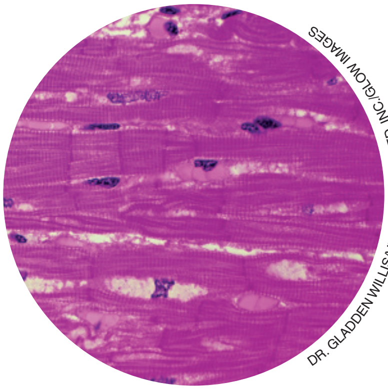

DR. FRED HOSSLER/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 12.13 Fotomicrografia de músculo não estriado em corte. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 80×; cores artificiais.)

Tecido muscular estriado cardíaco

O **tecido muscular estriado cardíaco** está presente apenas no coração, constituindo o miocárdio, responsável pelo bombeamento do sangue para as artérias. Suas células são uninucleadas (como as da musculatura lisa) e apresentam estrias transversais (como as da musculatura esquelética).

As células musculares cardíacas conectam-se umas às outras por meio de especializações da membrana plasmática denominadas discos intercalares. Devido a essas conexões, um estímulo suficientemente forte em uma região do coração se espalha rapidamente por todas as células musculares estriadas cardíacas, levando todo o órgão a se contrair. Nesse aspecto, a fibra estriada cardíaca difere da fibra estriada esquelética, pois esta só se contrai depois de receber um estímulo direto de uma terminação nervosa em contato com ela. A musculatura cardíaca tem contração involuntária, ou seja, independe de nossa vontade. (Fig. 12.14)

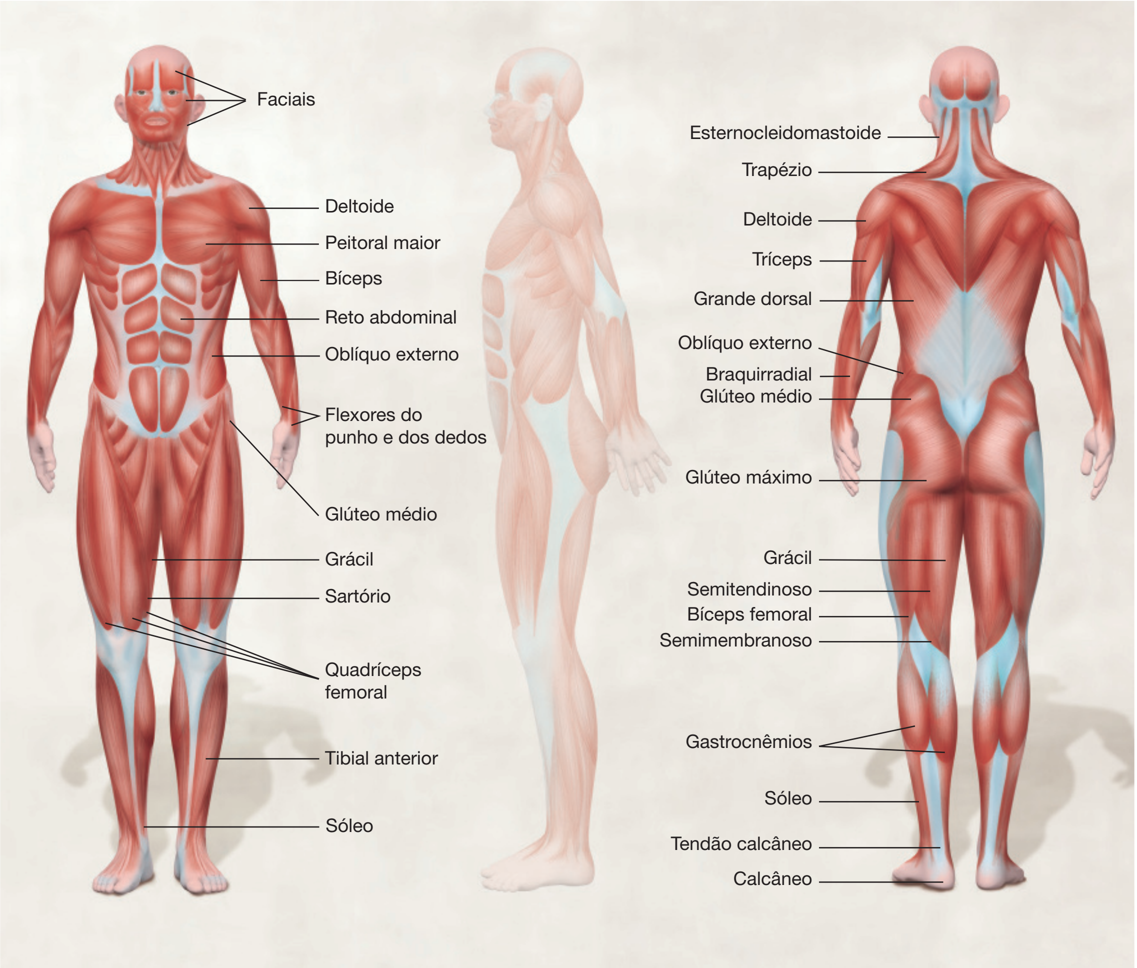


DR. GLADDEN WILLIS/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Figura 12.14 Fotomicrografia de músculo cardíaco humano em corte. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 110×; cores artificiais.)

Tecido muscular estriado esquelético

O **tecido muscular estriado esquelético** compõe a maior parte da musculatura corporal dos vertebrados, constituindo o que chamamos popularmente de "carne". Os músculos estriados esqueléticos recebem essa denominação por estarem ligados aos ossos do esqueleto. Essa musculatura é responsável pela ampla gama de movimentos corporais dos animais vertebrados. (Fig. 12.15)


Faciais
Deltoide
Peitoral maior
Bíceps
Reto abdominal
Oblíquo externo
Flexores do punho e dos dedos
Glúteo médio
Grácil
Sartório
Quadríceps femoral
Tibial anterior
Sóleo
Esternocleidomastoide
Trapézio
Deltoide
Tríceps
Grande dorsal
Oblíquo externo
Braquirradial
Glúteo médio
Glúteo máximo
Grácil
Semitendinoso
Bíceps femoral
Semimembranoso
Gastrocnêmios
Sóleo
Tendão calcâneo
Calcâneo

ILUSTRAÇÕES: JORGE VANDERLEI RIBEIRO

Figura 12.15 Representação de alguns dos principais músculos estriados esqueléticos do corpo humano, de frente e de costas. No total são 656 músculos esqueléticos, com tamanhos e formas variados. (Cores-fantasia.)

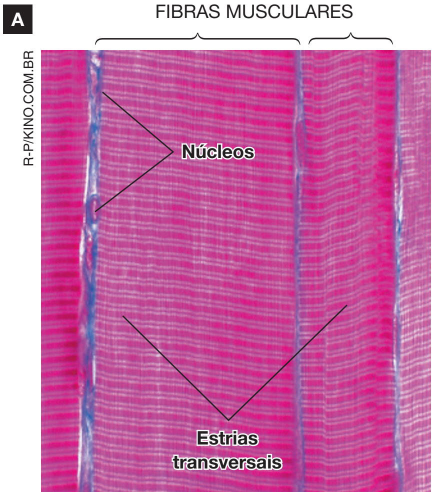
No tecido muscular estriado esquelético, as fibras musculares, ou miócitos, originam-se pela fusão de inúmeras células precursoras embrionárias, os **mioblastos**. Cada **fibra muscular** é multinucleada e pode medir entre 50 μm e 150 μm de diâmetro, com um comprimento que varia de alguns milímetros a cerca de 30 cm.

Os núcleos celulares dispõem-se na periferia da fibra muscular, cuja região central é totalmente ocupada por um conjunto organizado de filamentos de actina e miosina, as **miofibrilas**. É a alta organização dessas proteínas que confere às fibras musculares esqueléticas e cardíacas seu aspecto estriado típico, com faixas transversais claras e escuras que podem ser visualizadas ao microscópio fotônico. A contração muscular, como veremos mais adiante, deve-se ao deslizamento dos filamentos de actina sobre os de miosina, o que faz a fibra encurtar.

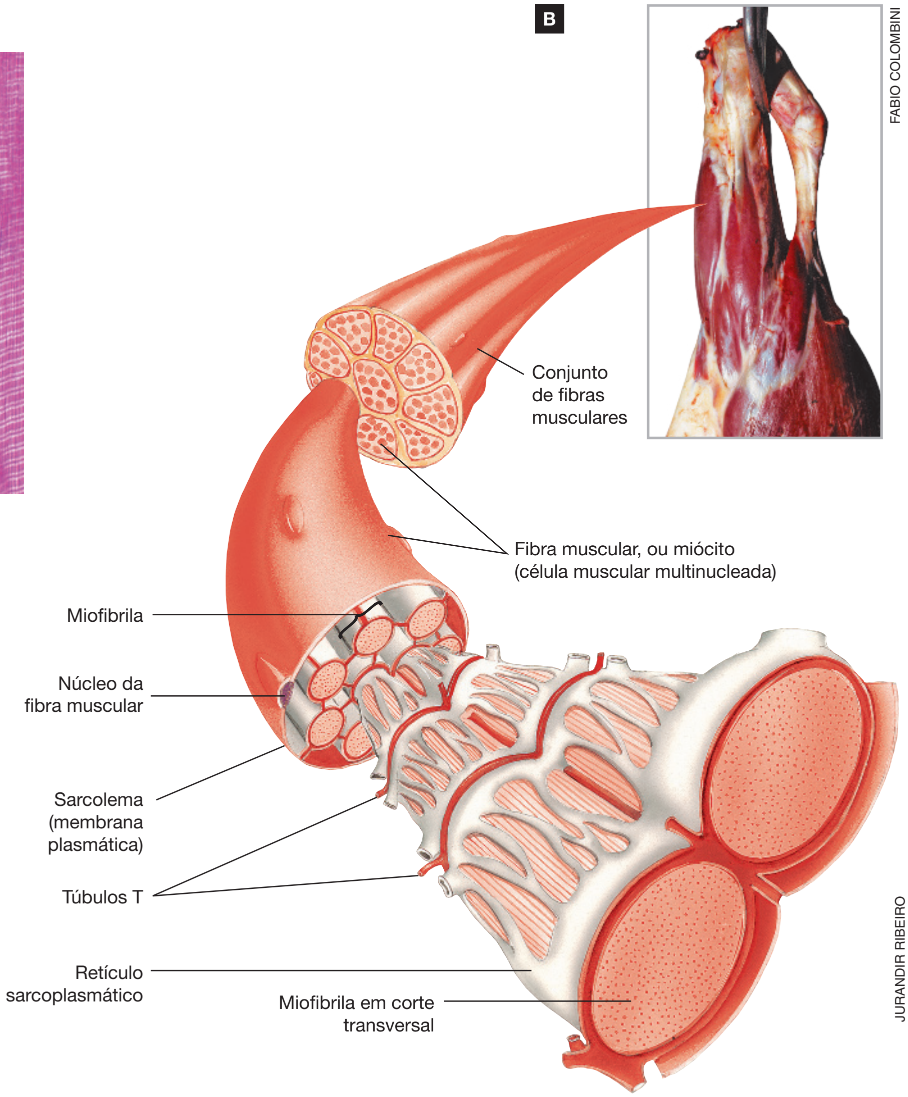
A membrana plasmática que envolve cada miócito recebe a denominação específica de sarcolema (do grego *sarcos*, carne, e *lemma*, revestimento); o citoplasma, por sua vez, é chamado de sarcoplasma. De espaços em espaços, o sarcolema se dobra para o interior do sarcoplasma, formando tubos achatados, os túbulos T, que se comunicam com o retículo endoplasmático não granuloso (retículo sarcoplasmático). Este, nas células musculares, é especializado no armazenamento de íons de cálcio (Ca^{2+}), fundamentais à contração muscular.

Muitos músculos têm cor avermelhada devido à presença de mioglobina em suas fibras. A mioglobina é uma proteína semelhante à hemoglobina, mas constituída por uma única cadeia polipeptídica ligada a um grupo heme. Cada mioglobina é capaz de se ligar a uma molécula de oxigênio (O_2) e, dessa forma, armazenar esse gás no interior da célula para momentos de grande atividade muscular, que demandam intensa respiração celular.

As fibras musculares esqueléticas compõem entre 75% e 90% do volume total dos músculos, sendo o restante formado por tecidos conjuntivos, nervos e vasos sanguíneos. A contração da musculatura estriada esquelética é voluntária. (Fig. 12.16)


A
FIBRAS MUSCULARES
Núcleos
Estrias transversais

R-P/KINO.COM.BR


B
Conjunto de fibras musculares
Fibra muscular, ou miócito (célula muscular multinucleada)
Miofibrila
Núcleo da fibra muscular
Sarcolema (membrana plasmática)
Túbulos T
Retículo sarcoplasmático
Miofibrila em corte transversal

FABIO COLOMBINI

JURANDIR RIBEIRO

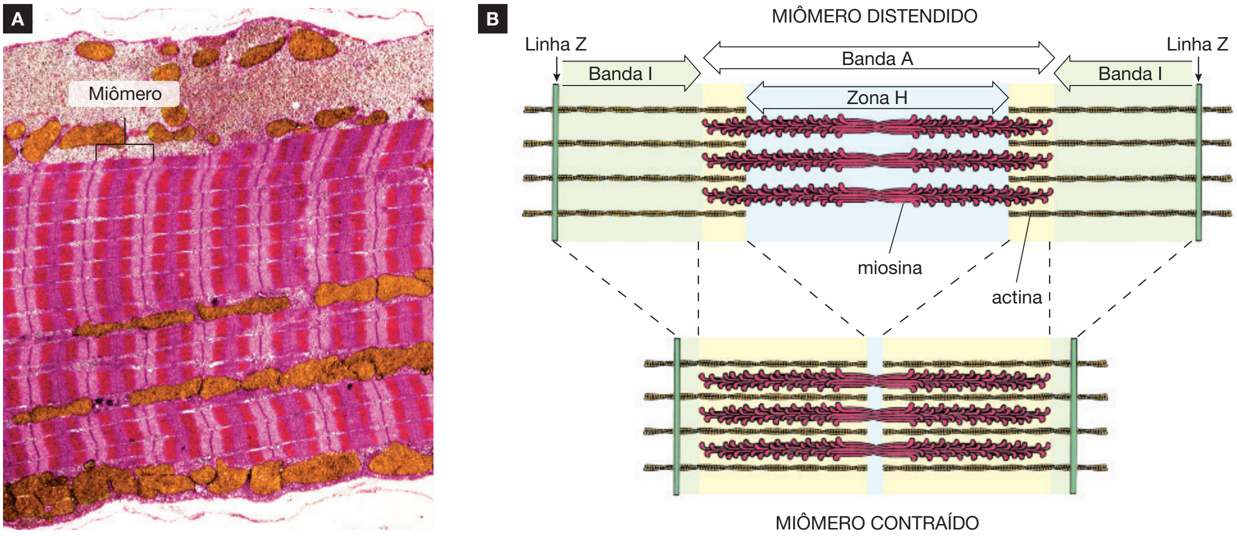
Figura 12.16
A. Fotomicrografia de fibras musculares estriadas em corte, nas quais se podem ver faixas (estrias) transversais. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 220×; cores artificiais.) **B.** Músculo de boi em corte transversal. A representação esquemática ao lado mostra ampliações sucessivas da composição de um músculo. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) (Elaborada com base em Rawn, J., 1989.)

Músculos esqueléticos em ação

Contração das miofibrilas

As miofibrilas apresentam um padrão de faixas ou estrias transversais que, nos mamíferos, se repete a cada 2,2 μm, em média. Cada unidade de repetição, denominada **miômero**, ou sarcômero, é delimitada por dois discos transversais, que aparecem ao microscópio eletrônico como duas linhas densas, denominadas linhas Z (ou discos Z).

Em cada miômero, distinguem-se três faixas (ou bandas) mais claras, separadas por duas faixas mais escuras. As faixas escuras correspondem aos locais onde os filamentos de actina (filamentos delgados) se sobrepõem aos de miosina (filamentos espessos), enquanto as faixas claras correspondem às regiões onde esses filamentos não estão sobrepostos. Nas faixas claras laterais, denominadas bandas I, não há filamentos de miosina, ao passo que na faixa clara central, denominada zona H, não há filamentos de actina. A porção central dos miômeros, correspondente à localização dos filamentos de miosina, recebe a denominação de banda A. A contração da miofibrila ocorre pelo deslizamento dos filamentos de miosina sobre os de actina, com consequente encurtamento do miômero. (Fig. 12.17)



STEVE GSCHMEISSNER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK

JURANDIR RIBEIRO

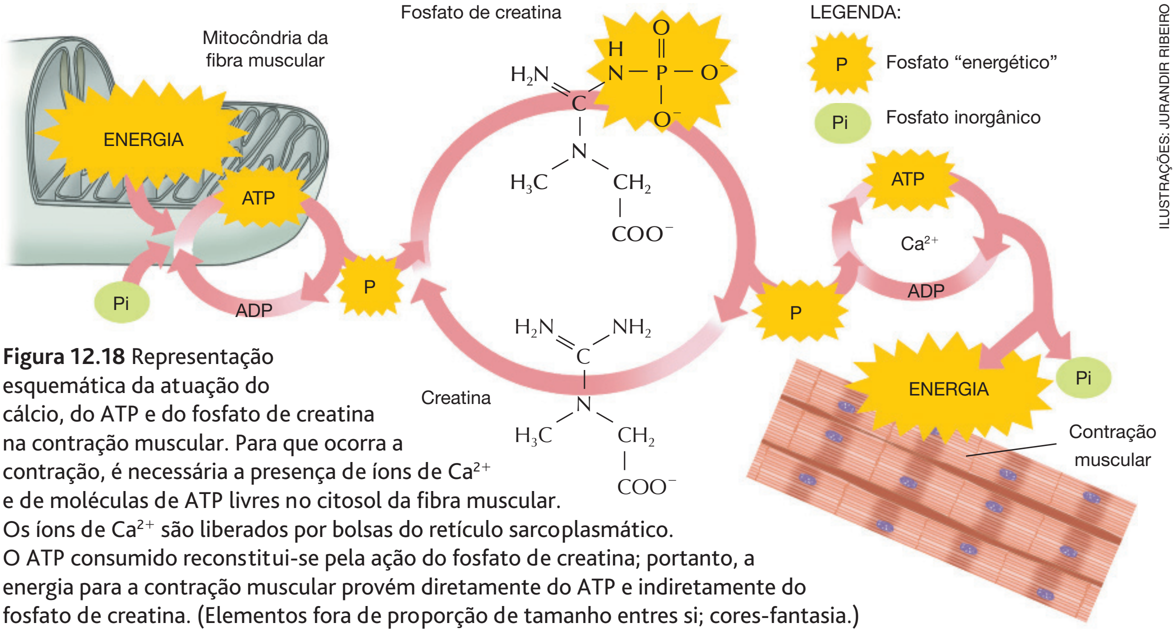
Figura 12.17 A. Fotomicrografia de uma fibra muscular em corte longitudinal, mostrando miofibrilas com miômero (sarcômero); as estruturas coradas em marrom são mitocôndrias. (Microscópio eletrônico de transmissão; aumento ≈ 2.900×; cores artificiais.) **B.** Representação esquemática da organização dos filamentos de miosina e de actina em um miômero distendido e outro contraído. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores artificiais.)

A contração de uma fibra esquelética é desencadeada pela terminação nervosa (axônica) associada a cada fibra muscular. O estímulo nervoso se propaga para o interior da fibra estriada e provoca a liberação de íons de Ca^{2+} armazenados no interior de bolsas do retículo endoplasmático. Os íons de Ca^{2+} espalham-se pelo citosol e entram em contato direto com as miofibrilas, provocando o deslizamento da miosina sobre a actina e o encurtamento dos miômeros, com contração da fibra muscular.

A fonte direta de energia para a contração muscular são moléculas de ATP, produzidas nas mitocôndrias durante a respiração aeróbica ou pela fermentação lática. O estoque de ATP disponível na célula muscular é suficiente para manter a contração por apenas 0,5 segundo. Por isso, os músculos dispõem de um reservatório extra de energia, na forma de **fosfato de creatina**, ou fosfocreatina, substância altamente energética, presente nas fibras musculares em uma concentração 10 vezes maior que a de ATP.

À medida que o estoque de ATP vai sendo utilizado, a célula muscular transfere fosfatos energéticos das moléculas de fosfato de creatina para moléculas de ADP, gerando mais ATP. Quando cessa a atividade da fibra muscular, grupos fosfatos de novas moléculas de ATP geradas na respiração celular são transferidos para moléculas de creatina, repondo o estoque de fosfato de creatina. Essa substância é, portanto, uma fonte importante, indireta, de energia para a contração muscular. (Fig. 12.18)

Pode ser interessante explicar aos alunos que, durante um exercício físico muito intenso, a quantidade de gás oxigênio que chega aos músculos pode não ser suficiente para suprir as necessidades respiratórias das fibras musculares. Nesse caso, após se esgotarem as reservas de gás oxigênio ligado à mioglobina, as fibras musculares passam a produzir ATP por meio da fermentação lática. Esse processo, embora produza bem menos energia que a respiração aeróbica, garante a produção de ATP na situação de emergência. Uma consequência dessa fermentação, porém, é a produção de ácido lático ($C_3H_6O_3$), posteriormente transportado pelo sangue até o fígado e os rins, nos quais é reconvertido em glicose.

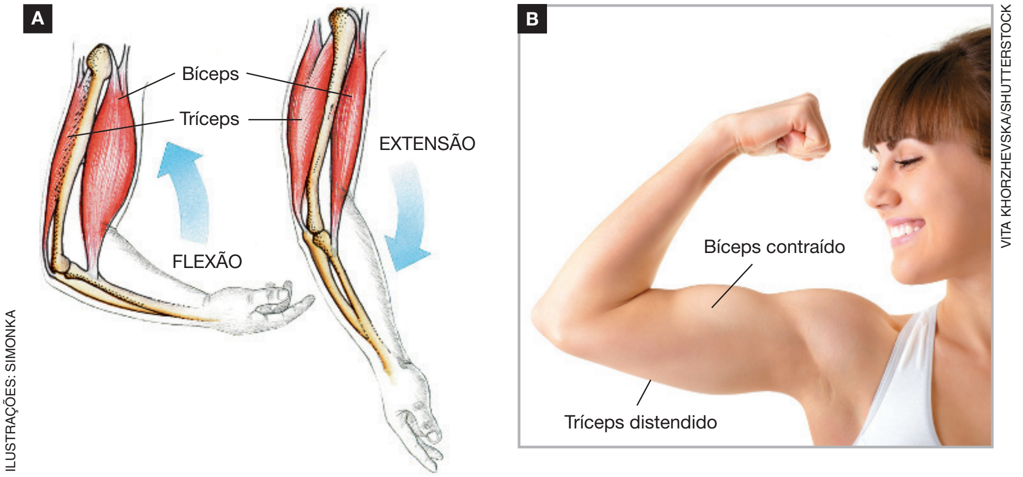


ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Figura 12.18 Representação esquemática da atuação do cálcio, do ATP e do fosfato de creatina na contração muscular. Para que ocorra a contração, é necessária a presença de íons de Ca^{2+} e de moléculas de ATP livres no citosol da fibra muscular. Os íons de Ca^{2+} são liberados por bolsas do retículo sarcoplasmático. O ATP consumido reconstitui-se pela ação do fosfato de creatina; portanto, a energia para a contração muscular provém diretamente do ATP e indiretamente do fosfato de creatina. (Elementos fora de proporção de tamanho entres si; cores-fantasia.)

Músculos e movimentação corporal

As extremidades dos músculos estriados esqueléticos são geralmente afiladas e terminam em cordões fibrosos altamente resistentes de tecido conjuntivo, os **tendões**, que ligam os músculos aos ossos. Ao se contrair, um músculo estriado esquelético puxa os ossos aos quais ele está ligado; entretanto, ao relaxar, o músculo não consegue empurrar os ossos. Por isso, os músculos esqueléticos atuam realmente em duplas, com movimentos antagônicos. Uma dupla de músculos de nosso braço, o bíceps e o tríceps, exemplifica esse antagonismo muscular. O bíceps está ligado aos ossos do ombro e ao osso rádio; ao se contrair, ele puxa o antebraço para cima. O tríceps prende-se aos ossos do ombro e ao osso ulna; sua contração produz a extensão do antebraço. (Fig. 12.19)



ILUSTRAÇÕES: SIMONKA

VITA KHORZHEVSKA/SHUTTERSTOCK

Figura 12.19
A. Representação esquemática da ação dos músculos bíceps e tríceps na flexão e na extensão do antebraço. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)
B. Ação antagônica do bíceps e do tríceps na flexão do antebraço, mostrando o bíceps contraído e o tríceps distendido.

A contração de uma fibra muscular esquelética segue a “lei do tudo ou nada”, ou seja, ou a fibra se contrai totalmente ou não se contrai. Assim, se o estímulo nervoso for suficientemente intenso para estimular a fibra muscular, ela se contrairá com o máximo de sua capacidade.

O grau de contração de um músculo depende da quantidade de fibras estimuladas. Quando o estímulo nervoso é fraco, só algumas fibras são estimuladas, e o resultado é uma contração fraca do músculo. No caso de uma estimulação forte, muitas fibras musculares são estimuladas simultaneamente, e a contração do músculo é intensa.

Uma fibra muscular estriada consegue se manter contraída por pouco tempo, algo em torno de alguns milésimos de segundos. Entretanto, o músculo inteiro pode se manter contraído por longo tempo, o que ocorre, por exemplo, quando seguramos um objeto pesado. A manutenção de um músculo em estado de contração é possível porque, enquanto durar a estimulação nervosa, haverá alternância entre as fibras musculares contraídas e as relaxadas.

Ciência e cidadania

Músculos e exercício físico

Caso haja tempo, explore temas que possam ser de interesse dos estudantes, como a prática de atividade física muito intensa na adolescência e a utilização de suplementos proteicos ou de anabolizantes sem acompanhamento médico para a hipertrofia muscular. Esses e outros temas podem ser propostos como pesquisa fora do horário regular, em grupos de discussão presenciais ou virtuais tendo por base vivências pessoais e informações técnicas e especializadas etc.

1 Pesquisas médicas e biológicas recentes sobre a estrutura e o funcionamento dos músculos têm revelado fatos surpreendentes. Hoje sabemos, por exemplo, que os músculos de um corredor de maratona são bem diferentes dos de um corredor de 100 metros rasos. Sabemos, também, que os diferentes tipos de treinamento físico podem modificar os músculos, aumentando sua força e resistência. Além disso, novas pesquisas têm levado os cientistas a compreender melhor o que ocorre com os músculos ao longo da vida; a partir desses conhecimentos, vemos que é possível prolongar a atividade física e a saúde, mesmo em idades mais avançadas.

Fibras musculares lentas e fibras musculares rápidas

2 Recentes pesquisas sobre a fisiologia muscular mostraram que há dois tipos de moléculas de miosina (denominados tipo I, ou miosina lenta, e tipo II, ou miosina rápida), relacionados às diferentes velocidades de contração das fibras musculares. Fibras musculares portadoras de miosina do tipo II (rápida) contraem-se cerca de 10 vezes mais depressa que as fibras portadoras de miosina do tipo I (lenta). Fibras musculares com miosina do tipo I, lentas, têm mais mitocôndrias, maior irrigação sanguínea e maior quantidade de mioglobina que fibras de miosina do tipo II. As fibras lentas são mais eficientes na realização de esforço moderado e prolongado, como o necessário em corridas de longa distância, ciclismo e natação. Fibras musculares com miosina tipo II, rápidas, têm pouca mioglobina, menor quantidade de mitocôndrias e são mais eficientes para realizar esforços intensos de curta duração, como corridas de velocidade ou levantamento de peso.

3 A quantidade de fibras lentas e de fibras rápidas é mais ou menos equivalente na maioria dos adultos saudáveis e ativos. Algumas pessoas, porém, têm maior porcentagem de fibras de um tipo ou de outro. E é exatamente isso que qualifica certas pessoas para atividades atléticas como a maratona, que exige maior quantidade de fibras lentas, e outras para corridas de 100 metros rasos, que exigem maior quantidade de fibras rápidas.

4 O treinamento é capaz de modificar, até certo ponto, a proporção entre fibras lentas e fibras rápidas em nossos músculos. Já se sabe que, quando uma pessoa se submete sistematicamente a exercícios de levantamento de peso, por exemplo, o número de fibras rápidas em seus músculos aumenta. Ao mesmo tempo, as fibras lentas intensificam a produção de proteínas, tornando-se mais grossas, o que faz os músculos aumentarem de tamanho (hipertrofia muscular).

Tônus muscular

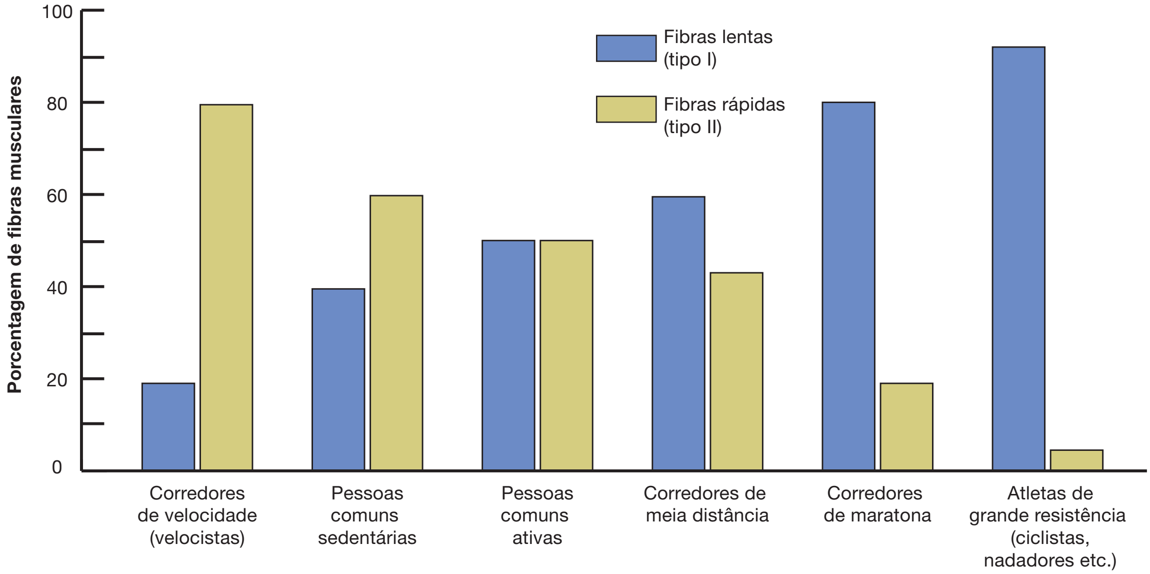
5 Em condições normais, os músculos esqueléticos sempre apresentam poucas fibras estimuladas a se contrair. Quando essas fibras relaxam, outras se contraem em seu lugar, de modo que todo músculo apresenta um estado permanente de atividade ou tensão muscular, conhecido por **tônus muscular**, responsável pela firmeza dos músculos e importante na manutenção da postura do corpo.

6 O tônus muscular depende da inervação por neurônios motores e, além de manter os músculos preparados para a contração, é fundamental para a manutenção da atividade vital das células musculares. Pessoas com lesões da medula espinal, ou portadoras de certas doenças neurológicas, em que há falta de estimulação nervosa dos músculos, podem perder o tônus e sofrer degeneração do tecido muscular, com consequente atrofia da musculatura.

A

MARTINCE2/ISTOCK

B



ADILSON SECCO

EZRA SHAW/GETTY IMAGES

JASMINKO IBRAKOVIC/SHUTTERSTOCK

A. Corredores de maratonas têm maior proporção de fibras lentas, condizente com o tipo de exercício que praticam. **B.** Gráfico que mostra as porcentagens de fibras musculares esqueléticas lentas (em azul) e de fibras musculares esqueléticas rápidas (em verde) nos músculos das pernas de pessoas com diferentes tipos de atividade física. (Elaborado com base em Andersen, J. e cols., 2000.) **C.** Corredores de curta distância têm, em média, 82% de fibras rápidas e 18% de fibras lentas. **D.** Praticantes de musculação têm, em média, 35% de fibras lentas e 65% de fibras rápidas.

Guia de leitura

Responda em seu caderno

1 Leia o primeiro parágrafo do quadro. Qual (ou quais) das informações apresentadas lhe despertou mais interesse? Comente.

2 No segundo parágrafo, você encontra informações sobre fibras musculares lentas e rápidas. Uma maneira de tornar mais fácil a visualização dos dados é apresentá-los em forma de tabela. Elabore, com os dados do parágrafo, uma tabela que relacione o tipo de fibra a: a) características gerais; b) tipo de miosina; c) tipo de atividade.

3 Qual é a ideia central do terceiro parágrafo do quadro?

4 Leia o quarto parágrafo: qual é a relação entre treinamento e tipo de músculo?

5 Observe as figuras do quadro: a) Faça uma análise do gráfico e elabore uma síntese, por escrito, do que ele apresenta; b) leia a legenda e note que ela traz a estimativa do percentual de fibras lentas e rápidas de um praticante de corrida de curta distância (velocista); confira os dados no gráfico para esse tipo de atleta (primeiro par de barras). A legenda traz ainda uma informação sobre os tipos de fibras nos músculos dos praticantes de musculação, não representados no gráfico. Faça um gráfico em seu caderno que compare os tipos de músculos desses últimos atletas aos de pessoas comuns, ativas e sedentárias.

6 Leia os dois últimos parágrafos do quadro (5º e 6º). Com base neles, como você definiria tônus muscular? Informe-se sobre como a prática regular de atividade física pode beneficiar os músculos e o tônus muscular.

ATIVIDADES

Revendo conceitos, fatos e processos

Registre em seu caderno

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 1 a 4.

a) derme
b) epiderme
c) pelo
d) unha

1. A camada mais interna da pele, constituída por tecido conjuntivo, é chamada (▬). 1. a

2. O(A) (▬) é um bastão de células queratinizadas mortas e altamente compactadas, que se projeta da superfície da pele. 2. c

3. O(A) (▬) é uma placa de células queratinizadas mortas e altamente compactadas, presente na ponta dos dedos. 3. d

4. A camada de tecido epitelial que forma a parte mais externa da pele é chamada (▬). 4. b

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 5 a 8.

a) cintura escapular
b) cintura pélvica
c) esqueleto apendicular
d) esqueleto axial

5. A parte do esqueleto constituída pelos ossos da cabeça e da coluna vertebral é chamada (▬). 5. d

6. O conjunto de ossos que une o esqueleto dos membros inferiores à coluna vertebral é chamado (▬). 6. b

7. Os componentes esqueléticos de nossos membros superiores e inferiores pertencem à(ao) (▬). 7. c

8. O(A) (▬) é o conjunto de ossos que une o esqueleto dos membros superiores à coluna vertebral. 8. a

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases de 9 a 11.

a) tecido muscular cardíaco
b) tecido muscular estriado esquelético
c) tecido muscular não estriado

9. O (▬) é formado por células sem faixas transversais que se contraem involuntariamente. 9. c

10. O (▬) é formado por células com faixas transversais que se contraem involuntariamente. 10. a

11. O (▬) é formado por células multinucleadas, com faixas transversais e que se contraem voluntariamente. 11. b

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das frases 12 e 13.

a) actina **b)** melanina **c)** miosina **d)** queratina

12. A proteína que forma os filamentos mais finos, que partem das bordas dos miômeros, é a (▬). 12. a

13. Os filamentos mais grossos, presentes na região central dos miômeros, são formados pela proteína (▬). 13. c

14. A pele humana é revestida por uma camada impermeável formada pela proteína queratina, que: 14. a
a) se acumula no interior das células epidérmicas.
b) se acumula no interior dos melanócitos estimulados pela radiação ultravioleta.
c) é secretada pelas glândulas sebáceas.
d) é secretada pelas glândulas sudoríparas.

15. A cor da pele resulta do acúmulo de: 15. b
a) melanina nos fibroblastos.
b) melanina nos melanócitos.
c) queratina nos fibroblastos.
d) queratina nos melanócitos.

16. Os pelos e as unhas crescem pela: 16. b
a) incorporação de células mortas ao longo de todo o seu comprimento.
b) incorporação de células mortas em suas bases.
c) multiplicação de células vivas ao longo de todo o seu comprimento.
d) multiplicação de células vivas em suas extremidades livres.

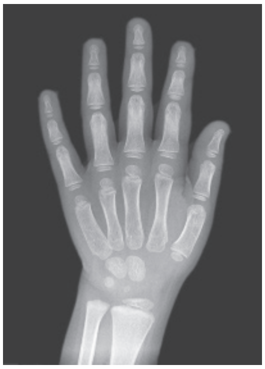
17. As estrias transversais presentes nas fibras musculares esqueléticas e cardíacas resultam da disposição: 17. d
a) lado a lado das terminações nervosas que inervam cada célula muscular.
b) lado a lado das diversas células que formam cada fibra muscular.
c) ordenada de proteínas ao redor da membrana de cada célula muscular.
d) ordenada de proteínas no interior de cada célula muscular.

18. O curare é uma droga que impede a ligação do neurotransmissor acetilcolina aos receptores de membrana na região da sinapse neuromuscular. Sua presença no corpo: 18. b
a) leva os músculos esqueléticos a se contrair continuamente.
b) impede a contração dos músculos esqueléticos.
c) impede a propagação do impulso nervoso através do axônio.
d) impede a propagação do impulso nervoso através do dendrito.

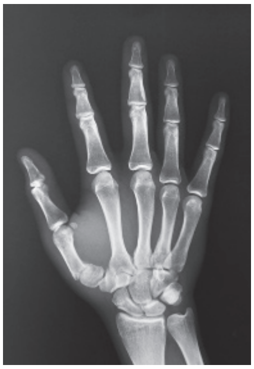
Questões para exercitar o pensamento

Registre em seu caderno

19. As fotos a seguir mostram radiografias das mãos de um adulto e de uma criança. Identifique qual pertence ao adulto e qual pertence à criança, justificando sua escolha. Explique as diferenças entre as duas imagens. Com o auxílio dos desenhos e da descrição apresentados no texto, tente identificar os ossos que aparecem claramente nas radiografias.



DR. BARRY SLAVEN/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES



KALLISTA IMAGES/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Faça você mesmo!

Registre em seu caderno

20. Elaboração de modelos: Simulando o antagonismo muscular

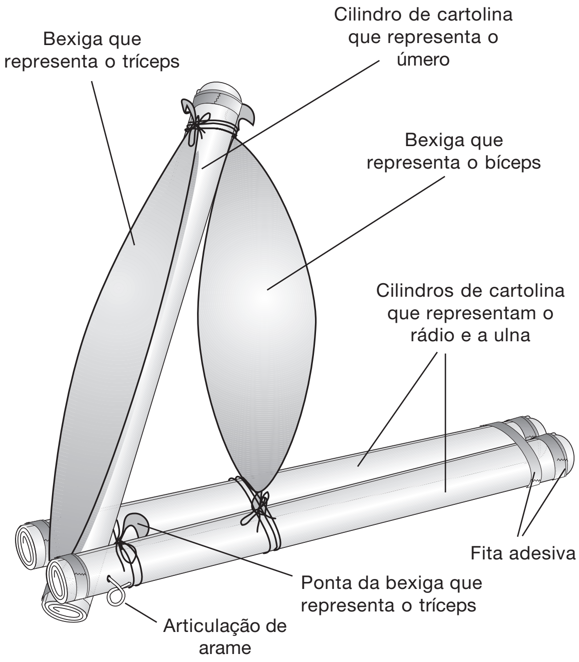
O objetivo desta atividade é construir um modelo de braço e antebraço para visualizar o papel dos músculos bíceps e tríceps na flexão e na distensão do antebraço.

Material

- cartolina;
- fita adesiva;
- balões infláveis de borracha ("bexigas");
- arame fino ou clipes de papel;
- barbante.

Procedimento

1. A cartolina será utilizada para construir os modelos de ossos. Corte dois quadrados de cartolina cujos lados tenham o comprimento do antebraço e um quadrado de lado igual ao comprimento do braço. Enrole os quadrados de cartolina de modo que se formem cilindros finos, prendendo-os com fita adesiva (veja a figura adiante desse exercício). Fure as extremidades dos tubos de cartolina e prenda-os com arame, como mostrado na figura. As extremidades livres dos tubos correspondentes aos ossos do antebraço devem ser unidas com fita adesiva.
2. Encha um pouco as bexigas até que adquiram um "tônus" firme, lembrando a consistência de um músculo. A bexiga que simulará o bíceps deve ter uma de suas pontas amarrada com barbante na extremidade livre do tubo que simula o úmero. A outra ponta deve ser amarrada nos tubos que simulam os ossos do antebraço.
3. A bexiga que representa o tríceps deve ter uma de suas pontas amarrada na extremidade livre do tubo que simula o úmero, no lado oposto à primeira bexiga. A outra ponta deve passar por trás do "cotovelo" do modelo e ser amarrada nos tubos que simulam os ossos do antebraço. A movimentação da articulação do modelo mostra o antagonismo entre o bíceps e o tríceps e permite visualizar a ação integrada das alavancas ósseas e dos músculos na produção dos movimentos corporais. Fotografe ou desenhe sua montagem, ou filme seu modelo em ação. Escreva um pequeno relatório sobre sua prática.


Bexiga que representa o tríceps
Cilindro de cartolina que representa o úmero
Bexiga que representa o bíceps
Cilindros de cartolina que representam o rádio e a ulna
Fita adesiva
Ponta da bexiga que representa o tríceps
Articulação de arame

ADILSON SECCO

A Biologia no vestibular e no Enem

Registre em seu caderno

Questões objetivas

1. (PUC-Campinas-SP) Considere os seguintes músculos:

I. lisos, responsáveis pelo peristaltismo;
II. estriados, responsáveis pelos movimentos do esqueleto;
III. cardíaco, responsável pelos movimentos de sístole e diástole.

Precisam estar dispostos em pares antagônicos para serem eficientes em sua função 1. b

a) I, somente.
b) II, somente.
c) I e III, somente.
d) II e III, somente.
e) I, II e III.

2. (UEL-PR) Considere os tipos de fibras musculares e as ações a seguir:

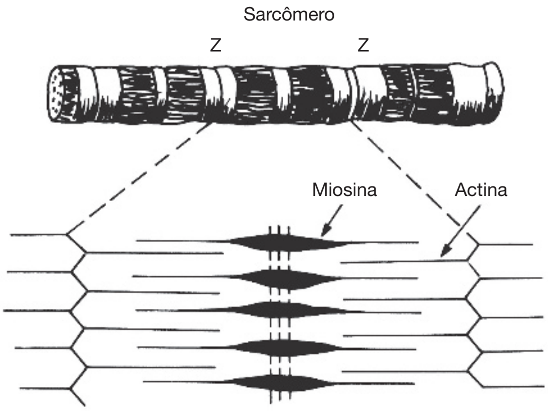
I. Cardíaca.
II. Estriada.
III. Lisa.

a) Contração involuntária e lenta.
b) Contração voluntária, em geral vigorosa.
c) Contração involuntária e rápida.

Qual alternativa associa corretamente os tipos de fibras musculares com sua respectiva ação? 2. e

a) Ia, IIb, IIIc
b) Ia, IIc, IIIb
c) Ib, IIc, IIIa
d) Ic, IIa, IIIb
e) Ic, IIb, IIIa

3. (UFRGS-RS) Na fibra muscular esquelética, as miofibrilas são constituídas por filamentos de actina e miosina, na disposição apresentada no esquema. O que acontece quando ocorre a contração muscular? 3. e



OSVALDO SEQUETIN

(Elementos fora de proporção de tamanho entre si.)

a) Diminuem os filamentos de actina e miosina.
b) Diminuem os filamentos de miosina.
c) Diminuem e se espessam os filamentos de miosina.
d) Os filamentos de actina deslizam entre os de miosina.
e) A linha Z torna-se mais espessa, englobando os filamentos de actina.

4. (Udesc) Qual alternativa indica corretamente o nome dos ossos que compõem os membros superiores (braços e antebraços)? 4. d

a) Ulna, tíbia e fíbula.
b) Úmero, tíbia e fíbula.
c) Rádio, tíbia e ulna.
d) Úmero, rádio e ulna.
e) Clavícula, rádio e fíbula.

5. (UFRRJ) Nos Jogos de Pequim, assistimos a diversas modalidades esportivas. No atletismo, as corridas de longa duração (maratona) exigem do atleta muita resistência, enquanto as de curta duração (100 metros rasos) priorizam a força física. No caso dos maratonistas, as fibras musculares realizam esforço moderado e prolongado.

Quanto ao consumo de oxigênio e à organela que participa diretamente desse processo bioquímico nas fibras musculares, teremos, respectivamente 5. a

a) maior consumo de oxigênio e mitocôndrias.
b) menor consumo de oxigênio e mitocôndrias.
c) maior consumo de oxigênio e ribossomos.
d) menor consumo de oxigênio e ribossomos.
e) maior consumo de oxigênio e centríolos.

Questões discursivas

6. (UFC-CE) Explique, sucintamente, como a sudorese e a vasodilatação dos vasos sanguíneos cutâneos participam do processo homeostático de regulação da temperatura corporal do ser humano no calor.

7. (Fuvest-SP) A tabela a seguir apresenta algumas características de dois tipos de fibras musculares do corpo humano.

FIBRAS MUSCULARES		
Características	**Tipo I**	**Tipo II B**
Velocidade de contração	Lenta	Rápida
Concentração de enzimas oxidativas	Alta	Baixa
Concentração de enzimas glicolíticas	Baixa	Alta

a) Em suas respectivas provas, um velocista corre 200 m, com velocidade aproximada de 36 km/h, e um maratonista corre 42 km, com velocidade aproximada de 18 km/h. Que tipo de fibra muscular se espera encontrar, em maior abundância, nos músculos do corpo de cada um desses atletas?
b) Em que tipo de fibra muscular deve ser observado o maior número de mitocôndrias? Justifique.

8. (Unesp) A realização dos jogos pan-americanos no Brasil, em julho de 2007, estimulou muitos jovens e adultos à prática de atividades físicas. Contudo, o exercício físico não orientado pode trazer prejuízos e desconforto ao organismo, tais como as dores musculares que aparecem após exercícios intensos. Uma das possíveis causas dessa dor muscular é a produção e o acúmulo de ácido lático nos tecidos musculares do atleta. Por que se forma ácido lático durante os exercícios e que cuidados um atleta amador poderia tomar para evitar a produção excessiva e o acúmulo desse ácido em seu tecido muscular?

Lista de siglas

Ceeteps-SP – Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza” (Fatec-SP)

Fazu-MG – Faculdade Associadas de Uberaba

Enem-MEC – Exame Nacional do Ensino Médio

FGV-SP – Fundação Getúlio Vargas

FUA-AM – Fundação Universidade Federal do Amazonas (antiga Ufam)

Fuvest-SP – Fundação Universitária para o Vestibular

Mackenzie-SP – Universidade Presbiteriana Mackenzie

PUC-Campinas-SP – Pontifícia Universidade Católica de Campinas

PUC-RJ – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

PUC-SP – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Udesc – Universidade do Estado de Santa Catarina (antiga Uesc)

UEA-AM – Universidade do Estado do Amazonas

Uece – Universidade Estadual do Ceará

UEG-GO – Universidade Estadual de Goiás

UEL-PR – Universidade Estadual de Londrina

UEMS – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

UEPB – Universidade Estadual da Paraíba

Uerj – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Ufac – Fundação Universidade Federal do Acre

Ufal – Universidade Federal de Alagoas

UFC-CE – Universidade Federal do Ceará

Ufes – Universidade Federal do Espírito Santo

UFG-GO – Universidade Federal de Goiás

UFMA – Fundação Universidade Federal do Maranhão

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFMS – Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

UFPA – Universidade Federal do Pará

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

UFPI – Fundação Universidade Federal do Piauí

UFRGS-RS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UFSCar-SP – Fundação Universidade Federal de São Carlos

UFSM-RS – Universidade Federal de Santa Maria

UFT-TO – Universidade Federal do Tocantins

Unesp – Universidade Estadual Paulista

Unicamp-SP – Universidade Estadual de Campinas

Unifap – Fundação Universidade Federal do Amapá

Unifesp – Universidade Federal de São Paulo

Unifor-CE – Universidade de Fortaleza

Unigranrio-RJ – Universidade do Grande Rio

USJ-SC – Centro Universitário Municipal de São José

Vunesp – Fundação para o Vestibular da Unesp

Bibliografia

BARTLETT, J. G.; MOORE, R. D. Improving HIV Therapy. *Scientific American*, n. 279, p. 64-67, 1998.

BURGGREN, W.; FRENCH, K.; RANDALL, D. *Eckert – Fisiologia animal*: mecanismos e adaptações. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

CAMPBELL, N. A.; REECE, J. B.; URRY, L. A.; CAIN, M. L.; WASSERMANN, S. A.; MINORSKY, P. V.; JACKSON, R. B. *Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CURI, R.; PROCÓPIO ARAÚJO FILHO, J. *Fisiologia básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

CURTIS, H.; BARNES, N. S. *Biology*. 5. ed. Nova York: Worth Publishers, 1989.

FRICKE, H. Coelacanthus: The Fish that Time Forgot. *National Geographic*, n. 173, p. 824-838, 1988.

GAMLIN, L.; VINES, G. (ed.). *The Evolution of Life*. Nova York: Oxford University Press, 1991.

GILBERT, S. F. *Developmental Biology*. 9. ed. Sunderland (MA): Sinauer, 2010.

GRANT, P. R. Natural Selection and Darwin's Finches. *Scientific American*, v. 265, p. 60-65, 1991.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

HERSHEY, D. R. *Plant Biology Science Projects*. Nova York: John Wiley & Sons, 1995.

HICKMAN JR., C. P.; HICKMAN, F. M.; KATS, L. B. *Laboratory Studies*. *Integrated Principles of Zoology*. Boston: McGraw-Hill, 2001.

HOLLEY, D. *Animals Alive! An Ecological Guide to Animals Activities*. Niwot (CO): Roberts Rinehart, 1994.

KOEPPEN, B. M.; STANTON, B. A. *Berne e Levi*: Fisiologia. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

LINDBLAD-TOH, K. et al. Genome sequence, comparative analysis and haplotype structure of the domestic dog. *Nature*, v. 438, p. 803-819, 2005.

MADER, S. S. *Biology*. 8. ed. Boston: McGraw-Hill, 2004.

MARGULIS, L.; SCHWARTZ, K. V. *Five Kingdoms*: An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth. Nova York: W. H. Freeman and Company, 1988.

MELLO AIRES, M. *Fisiologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

MILLER, K. R.; LEVINE, J. S. *Biology*. Nova Jersey: Prentice Hall, 2007.

POND, C. M. *Diversity of Organisms*. Londres: Hodder & Stoughton/The Open University, 1990.

POSTGATE, J. *Microbes and Man*. 4. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. E.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

RAWITSCHER, F. *Elementos básicos de Botânica*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1968.

RAWN, J. D. *Biochemistry*. Burlington: Neil Patterson, 1989.

RIBEIRO-COSTA, C. S.; ROCHA, R. M. (coords.). *Invertebrados*: manual de aulas práticas. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2006.

RODRIGUES, S. A. *Zoologia*: espectro e perspectiva do reino animal. São Paulo: Cultrix, 1970.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. *Zoologia dos invertebrados*. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005.

SALISBURY, F.; ROSS, C. W. *Plant Physiology*. 4. ed. Califórnia: Belmont Wedsworth, 1991.

SANTOS, D. Y. A. C.; CHOW, F.; FURLAN, C. M. (orgs.). *A Botânica no cotidiano*. Ribeirão Preto: Holos, 2012.

SHEPHERD, G. J. *Plantas terrestres*, 2003. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/Aval_Conhec_Cap7.pdf>. Acesso em: dez. 2015.

SHERMAN, I. W.; SHERMAN, V. G. *The Invertebrates*: Function and Form. Laboratory Guide. Nova York: Macmillan, 1970.

SMITH, D.; MARGOLSKEE, R. F. Making Sense of Taste. *Scientific American*, n. 284, p. 26-33, 2000.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ANATOMIA. *Terminologia anatômica*: terminologia anatômica internacional. São Paulo: Manole, 2001. 2 v.

STANDRING, S. (org.). *Gray's Anatomy*: The Anatomical Basis for Clinical Practice. 39. ed. Nova York: Elsevier Churchill Levingstone, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant Physiology*. Connecticut: Sinauer Associates, 2002.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiology*: An Introduction. 5. ed. Menlo Park (CA): Benjamin Cummings, 1995.

__________. *Microbiologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

WHITFIELD, P. *From so Simple a Beginning*: The Book of Evolution. Nova York: Macmillan, 1993.

WAYNE, R. K. Molecular evolution of the dog family. *Trends genetics*, p. 218-224, jun. 1993.

WILLMER, P. *Invertebrate Relationship*: Patterns in Animal Evolution. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

Sugestões de livros, *sites* e vídeos

Módulo 1 Classificação biológica e os seres mais simples

Impresso

Fundamentos de Sistemática filogenética, de Dalton de Souza Amorim. São Paulo: Holos, 2002.

O livro traz diversos assuntos sobre Sistemática e diversidade biológica, com informações sobre construção de cladogramas e exercícios com respostas.

Pasteur e os microrganismos, de Steven Parker. São Paulo: Scipione, 2005.

O livro conta um pouco da história de Louis Pasteur, químico francês que fundou a microbiologia. Seu trabalho possibilitou inúmeros avanços em medicina, saúde pública e higiene.

Aids – informação e prevenção, de Antonio A. Barone. São Paulo: Ática, 2004.

A informação e o conhecimento são armas poderosas para combater a aids, doença que ainda não tem cura.

O incrível mundo dos fungos, de Maria Lucia Paleari, Gisela Ramos Terçarioli e Eduardo Bagagli. São Paulo: Unesp, 2010.

O livro, ilustrado com imagens e esquemas, traz informações sobre a micologia, ramo da ciência dedicada a estudar os fungos.

Internet

Iguaria feita de restos. Revista *Nova Escola*.

Infográfico sobre a digestão dos fungos.

Disponível em: <http://revistaescola.abril.com.br/img/ciencias/222-info-cogumelos.pdf>.
Acesso em: mar. 2016.

Módulo 2 O reino das plantas

Impresso

Árvores frutíferas brasileiras, de Gil Felippe. São Paulo: Sarandi, 2010.

O livro traz o conhecimento acumulado sobre a flora brasileira por pesquisadores que, desde o século XVI, estudam os frutos, as formas, as cores e os aromas das árvores frutíferas brasileiras.

Internet

Flora desconhecida. *Ciência Hoje*.

Galeria de imagens com fotografias de plantas descobertas pelo projeto “Plantas raras do Brasil”.

Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/galeria/flora-desconhecida/view>.
Acesso em: mar. 2016.

Uma flor de 125 milhões de anos, de Alexander Kellner. *Ciência Hoje*.

O artigo trata das possíveis primeiras angiospermas que surgiram na Terra, quando o planeta ainda era dominado pelos grandes répteis, e permite conhecer as espécies chinesas que podem estar na origem das plantas angiospermas atuais.

Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/cacadores-de-fosseis/uma-flor-de-125-milhoes-de-anos>.
Acesso em: mar. 2016.

Invenção genial: um *notebook* que funciona só com água e luz solar, de Ricardo Setti. Revista *Veja*.

O artigo trata da invenção de pesquisadores sul-coreanos, que recebeu o nome de Plantbook, um computador verde, que usa o mecanismo das plantas para adquirir energia.

Disponível em: <http://www.ricardosetti.com/invencao-genial-um-notebook-que-funciona-so-com-agua-e-luz-solar/>.
Acesso em: mar. 2016.

Vídeo

Angiosperma

Videoaula sobre as angiospermas.

Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=6iP-DaDV3cQ>.
Acesso em: mar. 2016.

Módulo 3 O reino dos animais

Impresso

Evolução dos bichos, de Luiz E. Anelli. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

O livro aborda como a vida evoluiu desde a simplicidade de uma célula até os sofisticados e complexos seres. Enfatiza os ancestrais de cada ramo da árvore da vida e destaca as mutações e adaptações que conduziram às diversificações sucessivas de espécies para ocupar todos os espaços do planeta.

Internet

Um dos fundadores da Fapesp, Paulo Vanzolini morre aos 89 anos. Revista *Pesquisa Fapesp*.

Homenagem a Paulo Vanzolini, zoólogo que faleceu em 2013.

Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2013/04/29/um-dos-fundadores-da-fapesp-paulo-vanzolini-morre-aos-89-anos>.
Acesso em: mar. 2016.

Brasil desenvolve primeira vacina contra esquistossomose. Revista *Veja*.

Artigo trata da produção da vacina contra esquistossomose pela Fundação Oswaldo Cruz.

Disponível em: <http://veja.abril.com.br/noticia/saude/brasil-desenvolve-primeira-vacina-contra-esquistossomose>.
Acesso em: mar. 2016.

Ave com *menu* de matar. Revista *Nova Escola*.

Infográfico sobre o sistema digestório do urubu.

Disponível em: <http://revistaescola.abril.com.br/img/ciencias/222-info-urubu.pdf>.
Acesso em: mar. 2016.

Morte na beira da praia. Revista *Veja*.

Infográfico com informações sobre a baleia jubarte e as possíveis causas que levam as baleias a encalhar nas praias.

Disponível em: <http://veja.abril.com.br/multimidia/infograficos/morte-na-beira-da-praia>.
Acesso em: mar. 2016.

Módulo 4 Anatomia e fisiologia humanas

Internet

Redução gástrica. Revista *Veja*.

Infográfico sobre as técnicas de redução gástrica.

Disponível em: <http://veja.abril.com.br/multimidia/infograficos/reducao-de-estomago>.
Acesso em: mar. 2016.

Como surge a fadiga e como surge a dor. Revista *Nova Escola*.

Infográfico sobre dor e fadiga.

Disponível em: <http://revistaescola.abril.com.br/img/ed-fisica/novaescola226-surgedorfadiga.jpg>.
Acesso em: mar. 2016.

Vídeo

O cérebro. History Channel.

Documentário sobre o sistema nervoso, mostrando as descobertas da ciência sobre o cérebro. A tecnologia está ajudando a desvendar os segredos do cérebro e a explicar o comportamento humano.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wvCC3o-DAgE>.
Acesso em: mar. 2016.

SUPLEMENTO PARA O PROFESSOR

APRESENTAÇÃO

Prezado colega

Neste **Suplemento para o professor**, apresentamos esta obra, em três volumes, destinada ao ensino médio. Idealizados como instrumentos de apoio didático a professores e estudantes, os livros têm por objetivo trazer informações e princípios relevantes sobre diversos temas biológicos.

Esta coleção espera atender às diferentes opções de conteúdo adotadas por professores do ensino médio de todo o Brasil. A amplitude dos assuntos tratados procura contemplar os conteúdos tradicionalmente trabalhados pela maioria dos colegas de disciplina. Esperamos que cada professor utilize os volumes de acordo com seu projeto pedagógico, sua disponibilidade e seus recursos.

Ao elaborar a obra, tivemos em mente promover o interesse dos estudantes por temas biológicos fundamentais e integrar a visão científica ao dia a dia. Além disso, ressaltamos a importância das Ciências Biológicas para a humanidade e as expectativas de novas descobertas, que certamente permitirão avanços na qualidade de vida das pessoas.

A seguir apresentamos esta obra didática com algumas sugestões para sua utilização. Essas sugestões podem ser vistas como pontos de partida e exemplos para você aplicar suas estratégias didáticas desenvolvidas em sua experiência como professor. Seu trabalho consiste em formar jovens envolvidos na aventura do conhecimento humano e capazes de pensar e discutir os alcances e as limitações do empreendimento científico. Esperamos que esta obra possa ajudá-lo nesse grande desafio.

Os autores

SUMÁRIO

1. A Biologia no ensino médio ... 287
2. Características desta obra ... 289
  Organização geral ... 289
  Organização dos capítulos ... 289
  Texto e imagens ... 289
  Ciência e cidadania em destaque ... 289
  Amplie seus conhecimentos ... 290
  Atividades didáticas e avaliação ... 290
3. Utilização dos capítulos da obra ... 291
4. Referências bibliográficas ... 294
5. Sugestões de leitura didático-pedagógica ... 295
6. Destaques temáticos, habilidades e sugestões para o volume do 2º ano ... 296

MÓDULO 1 CLASSIFICAÇÃO BIOLÓGICA E OS SERES MAIS SIMPLES, 296

Capítulo 1 **Sistemática e classificação biológica** ... 296
  A importância do assunto ... 296
  Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo ... 296
  Habilidades sugeridas ... 297
  Itens principais ... 297
  Conceitos fundamentais ... 297
Capítulo 2 **Vírus e bactérias** ... 297
  A importância do assunto ... 297
  Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo ... 297
  Habilidades sugeridas ... 298
  Itens principais ... 298
  Conceitos fundamentais ... 298
Capítulo 3 **Algas, protozoários e fungos** ... 298
  A importância do assunto ... 298
  Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo ... 299
  Habilidades sugeridas ... 299
  Itens principais ... 299
  Conceitos fundamentais ... 299
Competências e habilidades do Enem relacionadas ao módulo 1 ... 299
Leituras complementares para o professor ... 300

MÓDULO 2 O REINO DAS PLANTAS, 302

Capítulo 4 **A diversidade das plantas** ... 302
  A importância do assunto ... 302
  Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo ... 302
  Habilidades sugeridas ... 302
  Itens principais ... 302
  Conceitos fundamentais ... 303
Capítulo 5 **Reprodução e desenvolvimento das angiospermas** ... 303
  A importância do assunto ... 303
  Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo ... 303
  Habilidades sugeridas ... 303
  Itens principais ... 304
  Conceitos fundamentais ... 304
Capítulo 6 **Fisiologia das plantas** ... 304
  A importância do assunto ... 304

Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo ... 304
Habilidades sugeridas ... 305
Itens principais ... 305
Conceitos fundamentais ... 305

Competências e habilidades do Enem relacionadas ao módulo 2 ... 305
Leituras complementares para o professor ... 306

MÓDULO 3 O REINO DOS ANIMAIS, 307

Capítulo 7 Tendências evolutivas nos grupos animais ... 307
A importância do assunto ... 307
Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo ... 307
Habilidades sugeridas ... 308
Itens principais ... 308
Conceitos fundamentais ... 308

Capítulo 8 Animais invertebrados ... 308
A importância do assunto ... 308
Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo ... 308
Habilidades sugeridas ... 309
Itens principais ... 309
Conceitos fundamentais ... 309

Capítulo 9 Cordados ... 310
A importância do assunto ... 310
Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo ... 310
Habilidades sugeridas ... 310
Itens principais ... 310
Conceitos fundamentais ... 310

Competências e habilidades do Enem relacionadas ao módulo 3 ... 311
Leituras complementares para o professor ... 311

MÓDULO 4 ANATOMIA E FISIOLOGIA HUMANAS, 312

Capítulo 10 Nutrição, respiração, circulação e excreção ... 312
A importância do assunto ... 312
Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo ... 313
Habilidades sugeridas ... 313
Itens principais ... 314
Conceitos fundamentais ... 314

Capítulo 11 Integração e controle corporal ... 314
A importância do assunto ... 314
Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo ... 314
Habilidades sugeridas ... 315
Itens principais ... 315
Conceitos fundamentais ... 315

Capítulo 12 Revestimento, suporte e movimento do corpo humano ... 315
A importância do assunto ... 315
Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo ... 315
Habilidades sugeridas ... 316
Itens principais ... 316
Conceitos fundamentais ... 316

Competências e habilidades do Enem relacionadas ao módulo 4 ... 316
Leituras complementares para o professor ... 316

7. Atividades complementares ... 318

8. Respostas/Encaminhamentos ... 331

Páginas para reproduzir ... 345

1 A Biologia no ensino médio

Cada professor tem suas próprias concepções de ensino e aprendizagem, resultantes de sua formação acadêmica, de suas leituras e de suas relações profissionais e sociais, entre outros fatores. É importante refletir continuamente sobre a relação entre a prática em sala de aula e os fundamentos teóricos do processo de ensino-aprendizagem, adequando-os ao dinamismo do mundo contemporâneo.

O Ministério da Educação (MEC) tem apresentado propostas para ajudar o professor a refletir sobre as concepções de ensino e aprendizagem no país. Esse tema é tratado resumidamente no item "Breve histórico" do documento *Parâmetros Curriculares Nacionais* (Brasil, 1997), que comenta a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN; Lei n. 9.394/1996), regulamentada em 1998 pelas Diretrizes do Conselho Nacional de Educação. A LDBEN "estabelece o ensino médio como a etapa conclusiva da educação básica de toda a população estudantil e não mais somente como uma etapa preparatória de outra etapa escolar ou do exercício profissional" (Brasil, 1997, p. 8).

Como consequência da nova lei, o ensino médio passou a constituir a etapa conclusiva da educação básica, que tem como objetivos "preparar para a vida, qualificar para a cidadania e capacitar para o aprendizado permanente, em eventual prosseguimento dos estudos ou diretamente no mundo do trabalho" (Brasil, 2000, p. 9).

A legislação brasileira tem acompanhado movimentos educacionais de outros países, que veem a formação básica não apenas como preparação para a universidade ou para o mercado de trabalho, mas principalmente como condição para o exercício pleno da cidadania em uma sociedade democrática. O projeto estadunidense de reforma educacional lançado em 1985 pela Associação Americana para o Progresso da Ciência, por exemplo, tem como principal objetivo a alfabetização científica da população daquele país. Esse projeto define a pessoa cientificamente educada como aquela "que tem consciência de que a Ciência, a Matemática e a tecnologia são empreendimentos humanos interdependentes, com poderes e limitações; que compreende conceitos-chave e princípios das ciências; que está familiarizada com o mundo natural e reconhece tanto sua diversidade quanto sua unidade; que utiliza o conhecimento e o modo de pensar científicos com objetivos individuais e sociais" (AAAS, 1990, p. xvii; tradução nossa).

Em 1998, em conformidade com a Lei n. 9.394/1996, o Ministério da Educação criou o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), com a finalidade de avaliar a aprendizagem dos estudantes em todo o país. Em 2009, a modificação do formato do exame — o novo Enem — aproximou-o ainda mais das diretrizes curriculares nacionais. Além de estar afinado com as novas propostas dos *PCN1* (veja a seguir), o novo Enem valoriza conteúdos disciplinares tradicionalmente praticados no ensino médio e permite o uso dos resultados desse exame na seleção de candidatos ao ensino superior.

Em relação ao ensino da Biologia, as orientações contidas nos *Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio* (PCNEM), de 1999, foram complementadas no documento *PCN1*, de 2002, que respondeu a críticas ao documento original, levantadas por muitos educadores. Em 2006, o MEC publicou um novo documento — *Orientações curriculares para o ensino médio* —, elaborado com base em discussões entre equipes técnicas do MEC, Secretarias de Educação, professores, estudantes da rede pública e representantes da comunidade acadêmica. Essas orientações visam fornecer "um instrumento de apoio à reflexão do professor a ser utilizado em favor do aprendizado" (Brasil, 2006, p. 6).

O documento de 2006 reconhece a contribuição do diálogo entre o professor e a escola na prática docente, como se pode ver a seguir.

> Os PCN+, propostos como orientações complementares aos PCNEM, apresentam um diálogo direto com os professores e os educadores, tornando menor a distância entre a proposição das ideias e sua execução. O texto reafirma seu compromisso com a necessidade de se articularem as competências gerais com os conhecimentos disciplinares e organiza de forma mais sistemática muitas das propostas pretendidas pelos PCNEM. Nesse sentido, o texto dos PCN+ representou um avanço, pois propõe sugestões de organização de cursos e de aulas, além de múltiplas abordagens sobre os temas da disciplina. O documento apresenta aos professores exemplos de aplicação das propostas previstas nos Parâmetros, além de permitir a criação de novas possibilidades, segundo o perfil do aluno, a realidade de cada escola e de seu projeto político-pedagógico.
>
> (Brasil, 2006, p. 17)

As *Orientações curriculares para o ensino médio* afirmam que:

> A escola, ao definir seu projeto pedagógico, deve propiciar condições para que o educando possa conhecer os fundamentos básicos da investigação científica; reconhecer a ciência como uma atividade humana em constante transformação, fruto da conjunção de fatores históricos, sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos, e, portanto, não neutra; compreender e interpretar os impactos do desenvolvimento científico e tecnológico na sociedade e no ambiente. Trata-se, portanto, de capacitar o educando para interpretar fatos e fenômenos – naturais ou não – sob a óptica da ciência, mais especificamente da Biologia, para que, simultaneamente, adquira uma visão crítica que lhe permita tomar decisões usando sua instrução nessa área do conhecimento.
>
> (Brasil, 2006, p. 20)

As orientações contidas nos documentos oficiais, longe de menosprezar conteúdos científicos específicos, enfatizam sua importância para a compreensão do mundo natural e a formação da cidadania. O grande desafio dos professores de Biologia é utilizar os conteúdos básicos da disciplina como meios para levar o estudante a conhecer os fundamentos e a natureza dos métodos de investigação empregados pela ciência, de maneira a desenvolver uma visão científica do mundo.

A aprendizagem pressupõe a construção ativa de conhecimento por parte do estudante. Nessa visão, conhecimento não é algo que o professor simplesmente transfere para seus alunos, mas é produto da atividade intelectual do estudante, resultante do processamento das novas informações recebidas e de suas conexões com os conhecimentos já consolidados.

O documento *Ciência na escola*: um direito de todos, da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), expressa essa linha de pensamento nos seguintes termos:

> O aprendiz precisa tornar-se o principal protagonista na construção e na apropriação do conhecimento. [...] A escola deve propor atividades que envolvam os estudantes na aprendizagem, com temas de seu interesse e que tenham relevância social. [...] Em vez de um ensino descontextualizado, baseado na memorização pura e simples, podem ser introduzidas situações-problema para que os estudantes busquem soluções.
>
> (Unesco, 2005, p. 6)

2 Características desta obra

Organização geral

Esta obra, em três volumes, visa levar os estudantes do ensino médio a conhecer e acompanhar os grandes debates científicos da atualidade.

Cada volume é dividido em módulos, com um número relativamente reduzido de capítulos, visando facilitar o acesso de professores e estudantes aos temas tratados. A divisão em módulos permite visualizar melhor as habilidades e os conteúdos a serem desenvolvidos no bimestre e no ano, permitindo uma decisão mais consciente sobre os temas que poderão ser ampliados ou reduzidos em função do tempo disponível.

O volume 1 apresenta o nível celular de organização da vida, relacionando-o, por um lado, com o nível das moléculas e, por outro, com o nível dos tecidos biológicos. Os principais assuntos tratados nesse volume são: a) características típicas do fenômeno da vida e teorias atuais sobre a origem da vida em nosso planeta; b) estrutura, função e reprodução das células vivas (Biologia Celular) e organização celular dos tecidos animais (Histologia); c) metabolismo energético e processos de obtenção de energia para a vida (fotossíntese e quimiossíntese; respiração e fermentação aeróbica); d) aspectos gerais da reprodução e do desenvolvimento embrionário animal; reprodução humana.

O volume 2 aborda a vida no nível dos organismos, estudando sua diversidade, anatomia e fisiologia. Os principais assuntos tratados nesse volume são: a) noções básicas de Sistemática e classificação biológica; b) estudo sistemático dos principais representantes dos grandes reinos de seres vivos; c) anatomia e fisiologia de vegetais e animais, com ênfase nas plantas angiospermas e no organismo humano.

O volume 3 trata de conceitos e processos mais diretamente relacionados com o nível populacional de organização dos seres vivos, estudando-os sob os pontos de vista da Genética, da Biologia Evolutiva e da Ecologia. Os principais assuntos tratados nesse volume são: a) aspectos históricos e modernos da Genética, de Gregor Mendel até os recentes avanços no conhecimento genético e suas aplicações; b) aspectos históricos e modernos das teorias de evolução biológica, de Darwin à moderna teoria evolucionista, com destaque para a evolução da espécie humana; c) conceitos fundamentais de Ecologia e de Educação Ambiental.

Organização dos capítulos

Texto e imagens

A linguagem empregada na obra procura aliar a precisão conceitual da comunicação científica com a clareza didática. Em algumas situações, foi possível empregar analogias e comparações, exemplificando com assuntos do cotidiano, de modo a tornar conceitos e fenômenos biológicos mais concretos para os estudantes.

As imagens são fundamentais para a compreensão mais ampla dos assuntos e são acompanhadas de legendas que complementam o texto básico. Além de fotografias, há esquemas com comparações didáticas e sínteses conceituais e, nesse caso, é importante levar os estudantes a perceber os elementos em diferentes escalas e o uso de cores-fantasia.

Ciência e cidadania em destaque

Diversos capítulos da obra contém um ou mais quadros denominados “Ciência e cidadania”, que destacam a presença das Ciências Naturais em nosso dia a dia e se relacionam à vida cotidiana e à cidadania. Além de ser utilizados no decorrer do estudo do capítulo, esses quadros também podem servir de introdução ou fechamento dos temas tratados. Para tanto, eles contam com o Guia de leitura, um roteiro que leva o estudante a explorar os assuntos apresentados. Adiante, comentamos aspectos pedagógicos importantes relativos ao emprego desses quadros.

Amplie seus conhecimentos

Vários capítulos incluem também quadros intitulados “Amplie seus conhecimentos”, que trazem informações adicionais, curiosidades ou aprofundamentos sobre algum assunto abordado. Por constituírem ampliações do tema básico, podem ser sugeridos aos estudantes como leitura a ser feita em casa, caso disponha de pouco tempo em sala de aula.

Atividades didáticas e avaliação

Um ponto central da atividade de ensino-aprendizagem é a avaliação. No ensino orientado por competências e habilidades, a avaliação vai além da simples atribuição de notas em exames que dão prioridade aos conteúdos. Além dos resultados das tarefas didáticas, o processo avaliativo deve levar em conta também o processo de aprendizagem, ou seja, o caminho percorrido pelos estudantes na aquisição de novos conhecimentos, habilidades e competências. Uma avaliação mais ampla serve tanto para acompanhar a construção de conhecimento pelo estudante como para orientar o professor na tomada de decisões, no decorrer do trabalho pedagógico.

Ao discutir a questão avaliativa, os PCN+ consideram que:

……

> [...] entre outras características, o processo de avaliação deve:
>
> - retratar o trabalho desenvolvido;
> - possibilitar observar, interpretar, comparar, relacionar, registrar, criar novas soluções usando diferentes linguagens;
> - constituir um momento de aprendizagem no que tange às competências de leitura e interpretação de textos;
> - privilegiar a reflexão, a análise e a solução de problemas;
> - possibilitar que os alunos conheçam o instrumento [de avaliação], assim como os critérios de correção;
> - proporcionar o desenvolvimento da capacidade de avaliar e julgar, ao permitir que os alunos tomem parte de sua própria avaliação e da de seus colegas, privilegiando, para isso, os trabalhos coletivos.
>
> (apud Brasil, 2006, p. 40)

……

O processo de avaliação deve ser contínuo e não pontual. Além de avaliar o produto da aprendizagem, isto é, os resultados das tarefas didáticas, é importante também considerar o esforço do estudante na realização de tais tarefas, sua interação com o grupo de colegas, seu grau de independência intelectual e seu progresso no decorrer das atividades, entre outros fatores. Ao levar em conta esses múltiplos aspectos do processo de aprendizagem, o professor obterá subsídios para orientar seu próprio trabalho, certificando-se de que os objetivos propostos estão sendo atingidos ou verificando se há necessidade de adequar as metodologias ou de propor novas estratégias didáticas.

As formas de avaliação podem e devem ser variadas. Entre elas, destacam-se: a) provas com questões objetivas, que verificam a apropriação de conceitos e de ligações válidas entre conceitos e fatos; b) questões dissertativas, que demandam reflexão, análise, resolução de problemas e argumentação lógica, tendo por base a rede conceitual desenvolvida; c) seminários, para verificar a capacidade de defender ideias e pontos de vista com base no conhecimento adquirido; d) análise de situações-problema, que avalia a consolidação de conteúdos fundamentais e a capacidade de correlacionar teoria e prática; e) debates sobre temas polêmicos, que permitem o desenvolvimento da consciência crítica, da capacidade argumentativa, da formação ética e de valores pessoais e sociais.

A avaliação deve ser orientada pelas habilidades e competências que se pretendem desenvolver e deve haver transparência nos critérios avaliativos; assim, além de versar sobre o que foi efetivamente trabalhado, ela deve ter objetivos e critérios de correção claros para os estudantes.

Nesta coleção, ao final de cada capítulo há quatro blocos de atividades. O primeiro, denominado “Revendo conceitos, fatos e processos”, permite ao estudante avaliar a aquisição de conceitos fundamentais e sua ligação com fatos e processos. O segundo – “Questões para exercitar o pensamento” – propõe questões mais amplas e abrangentes, que levam o estudante a analisar fatos e situações e a aplicar o conhecimento adquirido na solução de problemas. O terceiro – “Faça você mesmo!” – traz sugestões de experimentos, de produção de murais, de matérias jornalísticas ilustradas ou infográficos, entre outras, muitas das quais envolvendo e desenvolvendo as habilidades de trabalho em equipe. Finalmente, o quarto bloco, intitulado “A Biologia no vestibular e no Enem”, apresenta questões selecionadas de vestibulares e do Enem para que o estudante, além de se autoavaliar e rever seus conhecimentos, se familiarize com o formato desses exames.

3 Utilização dos capítulos da obra

Modernas correntes pedagógicas elegem dois aspectos importantes a serem considerados no processo de ensino-aprendizagem: competências e habilidades. As primeiras referem-se a capacidades intelectuais, éticas e sociais que os estudantes devem adquirir ou implementar ao estudar os temas. As habilidades, por sua vez, são metas ou objetivos específicos a serem desenvolvidos, guiando o caminho para atingir as competências desejadas no projeto pedagógico. Neste **Suplemento para o professor** apresentamos as principais habilidades e competências utilizadas pelo Enem como referência para a avaliação.

Ao elaborar seu projeto pedagógico – o plano de ensino que determina as competências, habilidades e estratégias que serão desenvolvidas ao longo de um curso –, cada escola e cada professor têm diferentes preferências e se defrontam com diferentes realidades. Assim, a inclusão de um livro didático nesse projeto não implica o compromisso de esgotar completamente seu conteúdo, nem de seguir rigorosamente sua sequência de assuntos. Naturalmente, cada volume desta coleção divide-se em módulos e capítulos encadeados de acordo com prioridades ou pré-requisitos entre os assuntos tratados. Isso não impede, entretanto, que determinados temas sejam abordados mais resumidamente, ou mesmo postergados, a título de informação ou aprofundamento posterior.

Cabe a cada professor selecionar, entre os capítulos da obra e seus conteúdos, aqueles que são mais relevantes para o projeto pedagógico de sua escola. Em relação aos conteúdos praticados no ensino médio, os *PCN1* “reafirmam que os conteúdos e as estratégias de aprendizagem devem propiciar o ensino por competências. Nesse sentido, [...] o ensino da Biologia deve servir como meio para ampliar a compreensão sobre a realidade, recurso graças ao qual os fenômenos biológicos podem ser percebidos e interpretados, instrumento para orientar decisões e intervenções” (Brasil, 2006, p. 21).

Reconhecendo que os principais temas biológicos referem-se à compreensão da vida na Terra, das consequências dos avanços tecnológicos e da intervenção humana, os *PCN1* sintetizam, como referência, seis temas estruturadores:

……

> 1. interação entre os seres vivos;
> 2. qualidade de vida das populações humanas;
> 3. identidade dos seres vivos;
> 4. diversidade da vida;
> 5. transmissão da vida, ética e manipulação gênica;
> 6. origem e evolução da vida.
>
> (Brasil, 2006, p. 21)

……

Os *PCN1* esclarecem que:

……

> Não se trata simplesmente de mudar o planejamento para que a ação pedagógica se enquadre nos temas estruturadores, e sim de utilizar esses temas biológicos como instrumentos para que a aprendizagem tenha significado, de forma que o aluno seja capaz de relacionar o que é apresentado na escola com a sua vida, a sua realidade e o seu cotidiano.
>
> Um professor que utilize o livro didático em suas aulas conta com uma sequência já organizada de apresentação dos assuntos. Diante da proposta dos temas estruturadores, e considerando a sua realidade específica, as necessidades de seus alunos, as particularidades de sua escola e região, o professor pode selecionar os temas que são mais significativos e resolver como deverão ser trabalhados de modo a possibilitar situações de aprendizagem a partir das vivências dos alunos.
>
> (Brasil, 2006, p. 21-22)

……

Ao iniciar uma seção do capítulo, sugerimos ao professor que converse com os estudantes e avalie seus conhecimentos prévios sobre o assunto, sejam eles decorrentes de concepções baseadas no senso comum ou de conceitos aprendidos em ciclos escolares anteriores, que constituem pré-requisitos para a construção e o ancoramento de novos conhecimentos. Ao conversar sobre as habilidades a serem desenvolvidas e discutir as ideias que os estudantes têm a respeito dos temas tratados na seção, o professor poderá detectar mais facilmente os conceitos que exigirão mais discussões e explicações.

A ligação entre o que se aprende na escola e o cotidiano está presente nos capítulos sempre que possível. Os estudantes geralmente ficam mais motivados ao perceber as conexões entre os fatos próximos de sua vida e os conteúdos estudados na escola. Isso fica evidente no interesse que eles manifestam por conteúdos referentes a saúde, higiene, questões sobre reprodução, contracepção e DSTs, por exemplo. Assuntos veiculados pela imprensa podem ser utilizados como instrumentos de problematização de conteúdos. Jornais e revistas costumam ter seções especializadas em Ciências Naturais; é possível estabelecer, na sala de aula, uma rotina para acompanhar notícias de interesse científico, que podem ficar expostas em um mural, por exemplo.

Nesta obra, as relações das ciências da natureza com o cotidiano e com o exercício da cidadania são especialmente destacadas nos quadros "Ciência e cidadania". Cada um deles aborda, em um texto acompanhado de ilustrações, um assunto relacionado ao capítulo. Os parágrafos desse texto são numerados, em função das atividades propostas no Guia de leitura, que se destina sobretudo a mostrar aos estudantes as estratégias para o aprimoramento de sua capacidade leitora.

É consenso entre os professores do ensino médio que muitos estudantes têm dificuldade na leitura compreensiva dos textos escolares. Em geral, eles leem um texto rapidamente, do início ao fim, sem refletir muito sobre o que estão lendo. Ao final, na melhor das hipóteses, têm apenas uma compreensão desconexa das ideias centrais do texto. Em nossa experiência como professores, concluímos que essa é uma das principais razões de a leitura de um texto ser tão desestimulante para muitos estudantes: eles geralmente não compreendem bem o que leem e preferem aguardar por uma aula expositiva, na esperança de que o professor lhes forneça as informações necessárias.

O Guia de leitura dos quadros "Ciência e cidadania" se propõe fazer uma "varredura fina" do texto, parágrafo por parágrafo, estimulando o estudante a descobrir as ideias principais, a empregar conhecimentos prévios sobre o assunto, a emitir opiniões pessoais e a comparar informações de diversas fontes. Além disso, o Guia propõe aos estudantes a produção de textos, bem como a organização de dados em forma de tabelas, desenhos ou gráficos, ajudando-os a sistematizar conhecimentos e a apresentá-los em diferentes linguagens. Esse tipo de atividade possibilita instrumentalizar uma das propostas constantes nas *Orientações curriculares para o ensino médio*:

> Informar e informar-se, comunicar-se, expressar-se, argumentar logicamente, aceitar ou rejeitar argumentos, manifestar preferências, apontar contradições, fazer uso adequado de diferentes nomenclaturas, de diferentes códigos e de diferentes meios de comunicação, são competências gerais, recursos de todas as disciplinas. Por isso, devem desenvolver-se no aprendizado de cada uma delas.
>
> (Brasil, 2006, p. 16)

O professor pode elaborar guias semelhantes aos utilizados nos quadros "Ciência e cidadania" para orientar a leitura de outros textos, tanto do livro didático como de jornais e de revistas de divulgação científica. O mesmo pode ser feito pelos estudantes, que, dessa maneira, poderão, entre outras habilidades, aprimorar sua capacidade leitora.

A integração interdisciplinar é também uma importante estratégia de ensino. Por um lado, professores das diferentes disciplinas complementam informações, trocam ideias e desenvolvem o trabalho em equipe. Por outro, os estudantes percebem mais facilmente as relações entre diferentes fenômenos da natureza ao estudar os mesmos conceitos em diferentes disciplinas. Deve-se considerar a possibilidade de integração interdisciplinar formal ou informal e, se possível, incluir no planejamento de aula ao menos uma atividade desse tipo.

Os *PCN1* apresentam uma argumentação interessante a respeito de interdisciplinaridade:

> Quando na Biologia se fala em energia da célula, na Química, em energia da reação e, na Física, em energia da partícula, não basta que tenham a mesma grafia ou as mesmas unidades de medida. Os três temas são tratados em contextos tão distintos que o aluno não pode ser deixado solitário no esforço de ligar as "coisas diferentes" designadas pela mesma palavra. [...] Alguns conceitos gerais das ciências, como os de unidades e de escalas,

> ou de transformação e de conservação, presentes de diferentes formas na Matemática, na Biologia, na Física e na Química, seriam muito mais facilmente compreendidos e generalizados se fossem objeto de um tratamento de caráter unificado, feito de comum acordo pelos professores da área. Com certeza, são diferentes as conotações destes conceitos nas distintas disciplinas, mas uma interpretação unificada em uma tradução interdisciplinar enriqueceria a compreensão de cada uma das disciplinas.
>
> (Brasil, 2002, p. 21)

……

Por fim, manifestamos nossa expectativa de que os comentários e as sugestões deste item do **Suplemento** auxiliem o professor em suas tarefas. Em alguns casos propomos a execução de atividades complementares, idealizadas para dinamizar o curso de Biologia e para motivar os estudantes. As atividades consistem de sugestões de pesquisas, debates, simulações, teatralizações e aulas práticas, entre outras. Sempre que possível, o professor deve verificar a possibilidade de executar as atividades complementares sugeridas ao fim de cada capítulo.

Algumas atividades de laboratório podem requerer o uso de fogo, álcool e objetos potencialmente perigosos. Nesses casos, sugerimos que as atividades sejam feitas pelo professor e observadas pela turma, evitando, assim, risco à integridade física dos alunos.

4 Referências bibliográficas

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS). *Benchmarks for Science Literacy*: Project 2061. Oxford: Oxford University Press, 1993. Disponível em: <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>. Acesso em: mar. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais*: introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC/SEF, 1997. Disponível em: <portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>. Acesso em: mar. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio*. Brasília: MEC/Semtec, 2000. Disponível em: <portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: mar. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *PCN1 ensino médio*: orientações curriculares complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais — Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002. Disponível em: <portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12598:publicacoes&catid=195:seb-educacao-basica>. Acesso em: mar. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Orientações curriculares para o ensino médio*: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006. v. 2. Disponível em: <portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume _02_internet.pdf>. Acesso em: mar. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. *Matriz de Referência para o Enem 2009*. Brasília: MEC/Inep, 2009. Disponível em: <portal.mec.gov.br/dmdocuments/matriz_referencia_novoenem.pdf>. Acesso em: mar. 2016.

UNESCO. *Ciência na escola*: um direito de todos. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001400/140099porb.pdf>. Acesso em: mar. 2016.

5 Sugestões de leitura didático-pedagógica

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

COLL, C. *Psicologia da aprendizagem no ensino médio*. Porto Alegre: Artmed, 2003.

COLL, C. et al. *O construtivismo na sala de aula*. 6. ed. São Paulo: Ática, 2002.

KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008.

LUCKESI, C. C. *Avaliação da aprendizagem escolar*: estudos e proposições. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2003.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB, 1999.

_____. *Aprendizagem significativa*: da visão clássica à visão crítica. 2006. Disponível em: <www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasicavisaocritica.pdf> Acesso em: mar. 2016.

MORIN, E. *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. 4. ed. São Paulo: Cortez/Unesco, 2004.

NOVAK, J. D. *Aprender, criar e utilizar o conhecimento*: mapas conceptuais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas. Lisboa: Plátano Universitária, 2000.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. *Aprendendo a aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.

PERRENOUD, P. *Dez novas competências para ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 2000.

_____. *A prática reflexiva no ofício de professor*: profissionalização e razão pedagógicas. Porto Alegre: Artmed, 2002.

SANT'ANNA, I. M. *Por que avaliar? Como avaliar? Critérios e instrumentos*. 11. ed. Petrópolis: Vozes, 2005.

WEISSMAN, H. (Org.). *Didática das Ciências Naturais*: contribuições e reflexões. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZABALA, A. *A prática educativa*: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

_____. *Enfoque globalizador e pensamento complexo*: uma proposta para o currículo escolar. Porto Alegre: Artmed, 2002.

MÓDULO 1

Classificação biológica e os seres mais simples

GARY BRAASCH/CORBIS/LATINSTOCK

CAPÍTULO 1

Sistemática e classificação biológica

A importância do assunto

A classificação dos seres vivos é um dos temas do ensino médio que mais desafiam estudantes e professores de Biologia. A taxonomia tradicional, cujas bases foram estabelecidas por Lineu no século XVIII, vem sendo profundamente modificada pela adoção de técnicas de análise molecular e de novas ideias sobre como e por que classificar.

O primeiro item do capítulo apresenta as bases da classificação de Lineu, cujos objetivos eram organizar a diversidade das espécies e facilitar sua compreensão, agrupando os seres vivos pelas semelhanças. De acordo com a Sistemática moderna, tratada no segundo item, a classificação biológica deve levar em conta as relações de parentesco evolutivo entre as espécies, o que implica descobrir os caminhos da vida na Terra durante os bilhões de anos de evolução. Considerando a complexidade do propósito, é fácil entender que essa continue a ser uma área polêmica da Biologia, sujeita a grandes mudanças diante do aumento do conhecimento biológico. No último item do capítulo, seguindo as principais tendências da classificação, apresentamos a divisão do mundo vivo em seis reinos principais.

Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo

Na abertura do capítulo, intitulada *Classificação biológica: é para facilitar ou para complicar?*, comentamos as grandes mudanças pelas quais passa esse ramo da Biologia. Por exemplo, especialistas reconhecem hoje entre 70 e 90 grandes linhagens de organismos eucarióticos que poderiam ser elevadas à categoria de reino. Por esse motivo, diversos autores propõem uma modificação drástica da classificação biológica tradicional, abolindo-se agrupamentos como reino, filo, classe etc. No capítulo, adotamos a proposta mais difundida, que classifica a maioria dos seres vivos em seis reinos.

Ao trabalhar o segundo item do capítulo, enfatize quanto é desafiadora a tarefa de desenvolver um sistema de classificação que corresponda à história do parentesco evolutivo entre as espécies. Para ter uma ideia das dificuldades, peça aos estudantes que imaginem como seria descobrir toda a sua árvore genealógica desde a época de seu mais antigo ancestral australopiteco. Se houver tempo e interesse, pode-se integrar alguns conteúdos com a área de História, com foco, por exemplo, na época de Lineu e no período em que começaram a surgir as ideias evolucionistas. É importante ressaltar que as ideias de evolução biológica não surgiram isoladamente, mas que faziam parte de uma mudança social mais ampla.

A discussão sobre a aplicação da cladística na classificação biológica, que vem provocando mudanças em árvores filogenéticas embasadas nos métodos tradicionais, pode gerar polêmicas que acrescentam um aspecto motivador, que pode ser explorado nas aulas. Por exemplo, passar a considerar as aves integrantes do grupo dos répteis, como propõem as novas classificações, parece estranho e inaceitável para alguns e mostra bem as dificuldades de mudar conceitos fortemente arraigados.

Muitos estudantes se frustram ao estudar temas como a classificação dos seres vivos, quando constatam que o conhecimento científico é sujeito a tantas mudanças e incertezas. Tranquilize-os quanto a isso e comente que é exatamente a posição não dogmática da ciência que permite sempre corrigir e ampliar interpretações e visões do mundo natural, que se atualizam continuamente. Esse assunto fornece a oportunidade de integração com a disciplina de Filosofia. Converse com seus colegas a respeito dessa possibilidade.

Na atividade da seção "Faça você mesmo!", sugerimos que os estudantes trabalhem leitura, interpretação e produção de cladogramas.

Habilidades sugeridas

- Reconhecer que as polêmicas e a falta de consenso entre os cientistas quanto à classificação dos seres vivos devem-se às grandes transformações pelas quais passa esse ramo do conhecimento, o que evidencia o caráter dinâmico e não dogmático da ciência.
- Conhecer a hierarquia que relaciona as seguintes categorias taxonômicas tradicionais: espécie, gênero, família, ordem, classe, filo e reino.
- Compreender a importância da nomenclatura binomial e reconhecer que a primeira palavra do nome científico designa o gênero (epíteto genérico) e a segunda, a espécie (epíteto específico).
- Compreender os princípios básicos da elaboração de árvores filogenéticas e cladogramas, reconhecendo-os como formas de representar as relações de parentesco evolutivo entre os grupos de seres vivos.
- Reconhecer os seis reinos de seres vivos tratados no capítulo – Archaea, Bacteria, Protoctista, Fungi, Plantae e Animalia – e compreender por que os vírus não são incluídos em nenhum desses reinos.

Itens principais

- Fundamentos da classificação biológica
- A Sistemática moderna
- Quantos reinos existem?

Conceitos fundamentais

- Classificação biológica
- Táxon
- Nomenclatura binomial
- Sistemática
- Biodiversidade
- Homologia evolutiva
- Filogenia
- Cladística
- Clado
- Sinapomorfia
- Cladograma

CAPÍTULO 2

Vírus e bactérias

A importância do assunto

Este capítulo aborda as principais características dos vírus e das bactérias, com atenção ao ciclo reprodutivo, à importância que esses seres têm para a humanidade e à capacidade que têm de provocar doenças. Embora sejam muito pequenos em tamanho, vírus e bactérias estão longe de ser insignificantes. Evidência disso é o número de epidemias devastadoras causadas por eles ao longo da história da humanidade, assunto que pode ser trabalhado em parceria com seu colega de História. Conhecer as formas de transmissão dos microrganismos capazes de provocar doenças é um ato em prol da cidadania porque nos permite atuar na prevenção de sua disseminação, promovendo nossa saúde e a das pessoas ao nosso redor.

Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo

Na abertura, intitulada *Transformando antigos inimigos em aliados*, comentamos que, apesar de os vírus e algumas bactérias serem reconhecidamente causadores de problemas à humanidade, alguns deles podem ser utilizados como aliados. Merecem destaque também as recentes descobertas que revelam aspectos fundamentais dos microrganismos e do nosso relacionamento com eles. Trata-se de um bom exemplo de como o conhecimento científico muda nossas concepções do mundo.

Novos conhecimentos científicos permitem não apenas a utilização dos microrganismos e outros seres em tecnologias benéficas à humanidade, mas também o controle daqueles que são causadores de doenças. Ao saber mais sobre esses pequenos seres de tamanha importância, ampliamos nossas qualidades como cidadãos. Trabalhe a temática com os estudantes, mostrando as diferentes nuances do mundo natural e a importância de uma visão aberta e imparcial das relações entre os seres da biosfera.

No capítulo apresentamos dois quadros "Ciência e cidadania", um relativo aos vírus e outro, às bactérias. O primeiro quadro intitula-se *Um problema mundial de saúde: gripe* e aborda pandemias de gripe que têm assolado a humanidade, explicando o que significam as siglas H e N presentes nos nomes dos tipos de vírus de gripe. A atividade sobre um tipo de vírus parasita de aves, o H7N9, no elenco de "Questões para exercitar o pensamento" estimula os alunos a acompanhar esses assuntos na imprensa e a divulgá-los no mural da escola. O panorama das epidemias mundiais de gripe possibilita trabalhar aspectos interdisciplinares do tema. É interessante notar como hábitos de vida tradicionais, como os da convivência próxima entre pessoas e animais domésticos, podem tornar-se potencialmente perigosos em um mundo globalizado, em que as doenças contagiosas se propagam com rapidez, originando grandes epidemias. Converse com seus colegas de Geografia e História sobre as possibilidades de trabalhar em conjunto assuntos contemporâneos como esse, o que pode mostrar aos estudantes a importância do engajamento e do que se aprende na escola para a vida em sociedade.

Aproveite esse capítulo para discutir com os alunos sobre as epidemias recentes de dengue, chikungunya e zika, doenças causadas por vírus distintos transmitidos pelo mosquito *Aedes aegypti*. Pode ser interessante trazer reportagens sobre essas doenças ou ainda estimular os alunos a buscarem informações em artigos científicos e de divulgação e a elaborarem ações na comunidade para reduzir a incidência dessas três doenças. Converse com seus colegas de História e Geografia sobre a possibilidade de realizar alguma atividade conjunta sobre a origem e dispersão desses vírus e de Matemática para realizar uma atividade usando os dados locais de cada doença. Algumas sugestões de leitura encontram-se na seção *Leituras complementares para o professor*.

É possível discutir também o processo de produção das vacinas contra a dengue, o papel dos testes de imunização em seres humanos e o papel da Anvisa na regulamentação, controle e fiscalização dos serviços relacionados à saúde. Forneça aos estudantes textos de divulgação e artigos científicos para aprofundar o conhecimento e ampliar a visão deles sobre a ética no desenvolvimento científico.

Na época da edição desta coleção, muitas pesquisas estavam sendo feitas e novos dados estavam surgindo sobre a dengue, a chikungunya e a zika. Infelizmente, não foi possível aguardar os resultados dessas análises. Assim, se necessário, peça aos estudantes que pesquisem descobertas recentes relacionadas a essas doenças para obter um quadro atualizado.

No segundo quadro "Ciência e cidadania", *A importância das bactérias para a humanidad*e, destacamos a utilidade das bactérias para nossa vida. Recentemente, a biotecnologia tem revelado grandes possibilidades de tornar muitas espécies de bactérias aliadas da humanidade. Não obstante, devemos sempre nos lembrar de que muitas espécies de bactérias são causadoras de doenças. Estimule os alunos a seguir as sugestões do Guia de leitura dos quadros, que orienta a análise dos assuntos quanto à profundidade e à abrangência. Aproveite o tema antibióticos para discutir os malefícios do uso abusivo de medicamentos e produtos bactericidas.

Na atividade da seção "Faça você mesmo!", sugerimos que os estudantes elaborem um infográfico sobre o experimento de Fred Griffith com pneumococos, que foi uma das primeiras demonstrações conclusivas de que o DNA é o material genético. Oriente as pesquisas e esclareça as dúvidas dos estudantes; a atividade envolve o exercício da linguagem gráfica, que dá apoio visual aos conceitos científicos.

Habilidades sugeridas

- Conhecer a estrutura geral dos vírus, relacionando sua relativa simplicidade estrutural e bioquímica à sua estratégia de parasita intracelular obrigatório.
- Informar-se sobre as principais formas de transmissão dos vírus, o que permite atuar com mais consciência na prevenção e no combate de doenças virais.
- Conhecer, em linhas gerais, em que consiste uma infecção viral e compreender como a célula afetada tem seu metabolismo controlado pelo vírus; reconhecer que a infecção é a maneira de o vírus se reproduzir.
- Conhecer as características estruturais e funcionais das bactérias e seu processo de reprodução assexuada.
- Informar-se sobre bactérias causadoras de diversas doenças humanas e conhecer formas de tratamento e de prevenção.
- Caracterizar as arqueas e apontar suas principais diferenças em relação às bactérias.

Itens principais

- Vírus
- Bactérias e arqueas

Conceitos fundamentais

- Vírus
- Virose
- Zoonose viral
- Epidemia
- Endemia
- Pandemia
- Bactérias
- Cromossomo bacteriano
- Nucleoide
- Plasmídio
- Divisão binária
- Arqueas

CAPÍTULO 3

Algas, protozoários e fungos

A importância do assunto

A proposta do capítulo é evidenciar que algas, protozoários e fungos estão mais ligados ao nosso cotidiano do que imaginamos. Mostramos também que a classificação desses grupos tem se tornado cada vez mais complexa. Segundo a cladística, que rege as classificações biológicas modernas, um grupo taxonômico deve reunir apenas organismos que compartilham um ancestral comum e exclusivo. De acordo com esse critério, seriam necessárias dezenas de reinos e de filos diferentes para classificar os protoctistas.

O primeiro item do capítulo trata das características gerais, da diversidade e da reprodução das algas, com destaque para a importância ecológica e econômica de alguns grupos. O segundo item é dedicado ao estudo dos protozoários, seres unicelulares altamente especializados, que, devido à sua complexidade estrutural, já foram considerados “animais unicelulares”. A ênfase do item é para os protozoários causadores de doenças, que ainda geram preocupação em países tropicais e com baixo nível de saneamento básico; esse assunto é explorado no quadro “Ciência e cidadania”, intitulado *Protozoários que causam doenças humanas*. O terceiro e último item do capítulo trata das características gerais, da diversidade e da reprodução dos fungos. Destacamos, ainda, a importância ecológica e econômica de alguns desses seres.

Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo

A abertura do capítulo aborda nossas relações com os protoctistas (algas, protozoários) e os fungos. A ideia é mostrar aos estudantes que esses organismos têm muito mais importância em nossa vida do que o senso comum sugere, e por isso vale a pena conhecê-los. Sugerimos que o foco do estudo se volte para os aspectos que tornam esses grupos importantes para o ser humano, deixando os detalhes estruturais e sistemáticos em segundo plano, porém, sem os desconsiderar.

Como mencionamos anteriormente, enfatizamos o conhecimento dos protozoários responsáveis por doenças humanas, tratando-os em um quadro “Ciência e cidadania”. Incentive os estudantes a seguir as orientações do Guia de leitura. Doenças como malária, doença de Chagas e leishmaniose são chamadas de doenças negligenciadas por não serem de grande interesse dos laboratórios farmacêuticos. Essas enfermidades afetam populações de áreas pobres do mundo. Uma sugestão é propor aos estudantes que pesquisem os motivos do desinteresse das indústrias farmacêuticas por essas doenças. Após a coleta de informações, proponha um debate sobre o assunto a fim de caracterizar o quadro sociopolítico e econômico que compõe o cenário das doenças negligenciadas. Essa atividade permite trabalhar cidadania e favorece o desenvolvimento da visão crítica dos estudantes.

A atividade da seção “Faça você mesmo!” propõe que os estudantes observem algas e fungos macroscópicos. Além de ajudá-los a reconhecer a presença desses organismos em nosso cotidiano, essa é uma boa oportunidade para que eles usem habilidades gerais, como fotografia, edição de vídeo e desenho, entre outras. Assim, eles interagem de maneira mais significativa com a matéria.

Habilidades sugeridas

- Valorizar o estudo sistematizado das algas, de modo a reconhecer padrões de semelhança e de diferença entre os seres com os quais convivemos.
- Reconhecer que o estudo de certos grupos de algas possibilita utilizá-las em benefício da espécie humana.
- Conhecer as principais características dos protozoários e obter informações sobre as espécies causadoras de doenças e as formas de prevenção e de tratamento dessas protozooses.
- Conhecer as principais características, a diversidade e a forma de reprodução dos fungos.
- Reconhecer a importância ecológica e econômica dos fungos, além da capacidade apresentada por certas espécies de causar doenças e prejuízos econômicos.

Itens principais

- Algas
- Protozoários
- Fungos

Conceitos fundamentais

- Alga
- Maré vermelha
- Vacúolo contrátil
- Alternância de gerações
- Esporófito
- Gametófito
- Protozoário
- Amebíase
- Leishmaniose
- Doença de Chagas
- Malária
- Fungos
- Hifas
- Micélio
- Cogumelos
- Ascósporo
- Basidiósporo
- Líquen
- Micorriza

Competências e habilidades do Enem relacionadas ao módulo 1

Competências

- Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular as ligadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.
- Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidades

- Compreender o papel da evolução na produção de padrões, nos processos biológicos e na organização taxonômica dos seres vivos.
- Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando os processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.
- Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses conflitantes.
- Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.
- Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

Leituras complementares para o professor

Capítulo 1 – Sistemática e classificação biológica

COUTINHO, F. A.; MARTINS, R. P.; VIANA, G. M. A árvore da vida. *Ciência Hoje*, v. 48, n. 283, p. 76-77, jul. 2011.

Embora sua importância não seja questionada, o diagrama conhecido como "árvore da vida", proposto por Charles Darwin (1809-1882), vem sendo discutido quanto à sua adequação para representar a complexidade do processo evolutivo como o conhecemos atualmente.

SANTOS, C. M. D. Os dinossauros de Hennig: sobre a importância do monofiletismo para a Sistemática biológica. *Scientiæ Studia*, v. 6, n. 2, p. 179-200, 2008.

Após um breve histórico sobre a Sistemática biológica, é explorada a proposição de Willi Hennig de que apenas grupos monofiléticos são naturais, pois são os únicos que realmente respeitam o conceito evolutivo de ancestralidade comum.

(Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ss/v6n2/03.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

ZIMMER, C. O que é uma espécie? *Scientific American Brasil*, n. 8, p. 16-23, 2011.

O conceito de espécie ainda é tema de debate na comunidade científica. Temas como o isolamento geográfico e reprodutivo e a importância de características morfológicas e do metabolismo fomentam a discussão sobre os limites do conceito e do número de espécies existentes.

(Disponível em: <www2.uol.com.br/sciam/aula_aberta/o_que_e_uma_especie_.html>. Acesso em: mar. 2016.)

ZORZETTO, R. Evolução escrita nos cipós. *Pesquisa Fapesp*, n. 200, p. 74-77, out. 2012.

A partir da análise evolutiva de características genéticas e morfológicas de cipós, pesquisadora brasileira pretende compreender a origem de florestas brasileiras.

(Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/10/11/evolucao-escrita-nos-cipos/>. Acesso em: mar. 2016.)

Capítulo 2 – Vírus e bactérias

ACRANI, G. O.; MÓDENA, J. L. P.; ARRUDA, E. O papel dos vírus na árvore da vida. *Ciência Hoje*, v. 49, n. 292, p. 26-31, maio 2012.

Comumente associados a doenças que acometem animais e plantas, os vírus podem interagir com os seres vivos de diversos modos, tendo participação determinante na evolução da vida.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Febre pelo vírus zika: uma revisão narrativa sobre a doença. *Boletim Epidemiológico*, v. 46, n. 26, 2015.

Diante do número crescente de casos e da visibilidade do tema na mídia, esse texto apresenta estudos sobre a febre pelo vírus zika, o histórico da doença e suas características clínicas, epidemiológicas e ambientais.

(Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2015/agosto/26/2015-020-publica----o.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

FERREIRA, F. A.; CRUZ, R. S.; FIGUEIREDO, A. M. S. Superbactérias. *Ciência Hoje*, v. 48, n. 287, p. 22-27, nov. 2011.

Fatores como o uso excessivo de antibióticos e a rapidez com que surgem variedades mutantes de bactérias estão envolvidos na disseminação desses microrganismos, que desenvolvem resistência a praticamente todos os antibióticos, dando origem às chamadas "superbactérias", que vêm preocupando autoridades médicas pelo número crescente de infecções e mortes que causam em todo o mundo.

(Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2011/287/pdf_aberto/superbacterias287.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

LARA, F. A. et al. Hanseníase: lições e desafios. *Ciência Hoje*, v. 50, n. 295, p. 42-47, ago. 2012.

Considerada uma doença tão antiga quanto a humanidade, a hanseníase já tem cura, mas ainda é muito disseminada em áreas pobres. Transmissão, manifestações clínicas, estudo evolutivo e mecanismos de ação da *Mycobacterium leprae* são abordados nesse artigo, bem como o panorama de pesquisa para a erradicação da doença.

MCKENNA, M. Inimigo insuspeito. *Scientific American Brasil*, n. 108, p. 52-59, maio 2011.

O texto traça um panorama da dificuldade em se conter certas infecções bacterianas devido aos diversos mecanismos de resistência desses microrganismos aos antibióticos e à facilidade com que são disseminados em ambientes hospitalares.

(Disponível em: <www2.uol.com.br/sciam/reportagens/inimigo_insuspeito.html>. Acesso em: mar. 2016.)

MESQUITA, M. Jr. S. Descubra os riscos de lavar as mãos com sabão antibacteriano. *Megacurioso*, 26 abr. 2014.

O texto apresenta os problemas acarretados pelo uso indiscriminado de produtos bactericidas e os efeitos colaterais do triclosan e de outros agentes bactericidas à saúde humana e ao ambiente.

(Disponível em: <http://www.megacurioso.com.br/virus-bacterias-e-protozoarios/44378-descubra-os-riscos-de-lavar-as-maos-com-sabao-antibacteriano.htm>. Acesso em: mar. 2016.)

MOUTINHO, S. Viva o mosquito! *Ciência Hoje*, v. 50, n. 298, p. 45, nov. 2012.

Mosquitos da espécie *Aedes aegypti* infectados em laboratório com bactéria que neutraliza o desenvolvimento e a transmissão do vírus da dengue são uma promessa no combate da doença.

SANTOS, C. N. D. Vírus chikungunya: uma nova ameaça. *Ciência Hoje*, v. 55, n. 325, p. 52, 2015.

O texto aborda os fatores que contribuem para a disseminação do vírus da febre chikungunya, assim como o histórico da doença e a distinção dos dois ciclos de transmissão (silvestre e urbano).

(Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2015/325/virus-chikungunya-uma-nova-ameaca>. Acesso em: mar. 2016.)

TOLEDO, K. Evolução do mosquito da dengue é rápida, diz estudo. *Revista Exame*, nov. 2015.

Estudos com o mosquito *Aedes aegypti* demonstram alta variabilidade genética, o que pode explicar a resistência a alguns inseticidas e mudanças no hábito alimentar e reprodutivo.

(Disponível em: <http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/evolucao-do-mosquito-da-dengue-e-rapida-diz-estudo>. Acesso em: mar. 2016.)

Capítulo 3 – Algas, protozoários e fungos

FIORAVANTI, C. Formas brasileiras de toxoplasmose. *Pesquisa Fapesp*, n. 193, p. 42-45, mar. 2012.

Novos tipos de *Toxoplasma gondii* estão surgindo no Brasil. O texto aborda a transmissão da toxoplasmose, sintomas, associação com doenças imunossupressoras e pesquisas que objetivam um diagnóstico mais preciso da doença.

(Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/03/042-0451.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

FIORAVANTI, C. Parasita pronto para o ataque. *Pesquisa Fapesp*, n. 200, p. 68-71, out. 2012.

O mecanismo que possivelmente facilita a invasão do *Trypanosoma cruzi* nas células hospedeiras, causando a doença de Chagas, consiste na liberação de vesículas contendo proteínas e lipídios.

(Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/10/068-071_tcruzi_200.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

FIORAVANTI, C. O exterminador de anfíbios. *Pesquisa Fapesp*, n. 196, p. 44-46, jun. 2012.

O fungo *Batrachochytrium dendrobatidis* está associado a uma infecção letal para sapos, rãs e pererecas. Identificada em diversos países, a infecção também causa mortalidade de anfíbios no Brasil, sobretudo na Mata Atlântica, e tem sido associada ao tráfico de animais.

(Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/06/044-046_fungossapos_196.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

PEREIRA, P. L.; BÉCARES, E. Um fungo ameaça os anfíbios. *Ciência Hoje*, v. 47, n. 279, p. 64-65, mar. 2011.

O declínio de populações de anfíbios era atribuído principalmente a fatores ambientais e ações humanas. No entanto, a partir da década de 1990, grande parte da culpa passou a ser atribuída à quitridiomicose, infecção causada por um fungo parasita de vertebrados.

(Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2011/279/pdf_aberto/opiniao279.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

SILVEIRA, E. As rochas vivas de Abrolhos. *Pesquisa Fapesp*, n. 196, p. 38-39, jun. 2012.

Chamados "rochas vivas", os rodolitos são esferas calcárias formadas por algas vermelhas milimétricas. O litoral brasileiro abriga um dos maiores bancos dessas algas calcárias, que vêm sendo ameaçadas por alterações na acidez da água do mar e pela exploração comercial.

(Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/06/038-039_abrolhos_196.pdf?dfec4f>. Acesso em: mar. 2016.)

MÓDULO 2

O reino das plantas

FABIO COLOMBINI

CAPÍTULO 4

A diversidade das plantas

A importância do assunto

Neste primeiro capítulo do segundo módulo, iniciamos os estudos de Botânica, denominação genérica dada ao ramo da Biologia dedicado às plantas. Esses organismos estão tão intimamente relacionados à civilização que normalmente não nos damos conta de sua presença em nossas vidas. O que caracteriza uma planta? Quantos grupos de plantas existem? Como esses organismos surgiram e evoluíram em nosso planeta? No capítulo, são abordados esses e outros assuntos, bem como o estudo comparado da reprodução em diferentes grupos vegetais, que mostra como eles se tornaram cada vez mais adaptados aos ambientes de terra firme.

Atualmente, a Botânica e outras áreas da Biologia procuram aprofundar os conhecimentos sobre as plantas domesticadas, tornando-as mais produtivas, de maneira a atenderem melhor às nossas necessidades e a serem cultivadas de maneira mais sustentável. Outro desafio é conhecer e compreender como vivem as espécies vegetais nativas, cuja preservação é fundamental para a conservação da biodiversidade dos ecossistemas da Terra.

Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo

Na abertura do capítulo, comentamos exemplos de como as plantas participam de nosso cotidiano. O relato tem por objetivo conscientizar os estudantes sobre a importância dos vegetais. Além de servirem de alimento ou para fins medicinais, muitas plantas fornecem matéria-prima para a produção de materiais úteis à humanidade, como madeiras, papel, fibras etc.

É importante ressaltar a influência de conhecimentos tradicionais, principalmente indígenas e quilombolas, no desenvolvimento da botânica brasileira. Informações sobre esse assunto podem ser obtidas no artigo “Avanços nas pesquisas etnobotânicas no Brasil”, indicado nas *Leituras complementares para o professor* desse capítulo.

Na atividade da seção “Faça você mesmo!”, sugerimos a confecção de painéis gráficos dos ciclos de vida dos principais grupos vegetais, acompanhada da apresentação e montagem dos ciclos em sala de aula. Esse tipo de trabalho motiva os estudantes e pode ajudá-los a superar os desafios envolvidos na compreensão das diferenças e semelhanças dos ciclos de vida e sua relação com a história evolutiva das plantas.

Muitos estudantes não se entusiasmam ao estudar Botânica e uma das razões para isso é a ênfase exagerada dada à terminologia científica nessa área. Como ainda não compreendem a rede conceitual e os objetivos mais importantes no estudo da Botânica, os estudantes tentam se apropriar dos conceitos por meio da memorização dos termos, o que torna o aprendizado enfadonho e desprovido de sentido. Enfatize, então, aspectos integradores da Biologia, como compreender simultaneidade entre a diversidade e a unidade da vida. A unidade, isto é, os aspectos que todos os seres vivos compartilham, evidencia a evolução de um mesmo ancestral; a diversidade, por sua vez, revela os caminhos trilhados pelas diferentes espécies rumo à sua adaptação particular. Sob esse prisma, a comparação da organização corporal dos componentes dos quatro grandes grupos de planta (briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas) e de seus diversos modos de reprodução pode ser explorada para mostrar tanto a diversidade quanto a unidade do mundo vivo.

Habilidades sugeridas

- Listar e explicar as principais características das plantas, em particular a formação de embrião maciço que as distingue das algas.
- Conhecer os principais grupos de plantas atuais – briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas –, identificando suas características básicas.
- Reconhecer a importância da semente na adaptação das plantas ao ambiente de terra firme.

Itens principais

- Origem e evolução das plantas
- Grandes grupos de plantas atuais

Conceitos fundamentais

- Plantas
- Alternância de gerações
- Geração gametofítica
- Geração esporofítica
- Plantas avasculares
- Plantas vasculares
- Briófitas
- Anterozoide
- Oosfera
- Esporos
- Pteridófitas
- Prótalo
- Gimnospermas
- Estróbilos
- Micrósporos
- Megásporos
- Grão de pólen
- Óvulo
- Polinização
- Semente
- Angiospermas

CAPÍTULO 5

Reprodução e desenvolvimento das angiospermas

A importância do assunto

Este capítulo é dedicado ao estudo do maior grupo de plantas: as angiospermas, plantas com flores e frutos. A humanidade mantém, ao longo de sua história, fortíssimas relações com esse grupo de seres vivos. No item inicial, estudamos as flores e a reprodução das angiospermas. O ponto alto desse processo é a produção de uma semente, no interior da qual há um pequeno embrião em estado de dormência. Com o desenvolvimento embrionário, estudado no item seguinte, surgem os principais tecidos e órgãos de uma planta angiosperma.

Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo

Na abertura do capítulo, comentamos a inesperada, mas real, correlação entre manchas solares e os anéis de crescimento das árvores. Foi um astrônomo quem observou essa relação pela primeira vez, inaugurando um novo ramo de estudo, a dendrocronologia, que é a datação de árvores e de madeira pela contagem e por outras características dos anéis de crescimento. Explore assuntos como esse com os alunos; eles mostram o valor de investir no conhecimento sobre a natureza, que nos permite entender os variados tipos de relação entre os fenômenos do mundo natural.

Alguns alunos podem mostrar certa resistência ao estudo da anatomia e da fisiologia das plantas; uma estratégia que pode amenizar isso é tornar mais prático o estudo da Botânica com a dissecação e análise de flores, frutos e sementes. Estimule os estudantes a comparar o material biológico analisado com os desenhos e esquemas do livro, o que propicia o desenvolvimento de habilidades como reconhecer, utilizar e interpretar modelos explicativos para sistemas naturais.

Este capítulo se dedica ao estudo da organização corporal das angiospermas no nível microscópico, o que é um assunto complexo e com muitos conceitos novos para os estudantes. Deixe em segundo plano a nomenclatura e a memorização e aborde o tema com uma visão integradora, estimulando os estudantes a compreender o modo como as plantas crescem, com ênfase na diferenciação de células e tecidos a partir dos ápices de raízes e caules e dos primórdios de folhas. É importante destacar a relevância da nomenclatura na linguagem científica, desde que sua apropriação seja por meio da aprendizagem significativa e não por simples memorização. Uma maneira de orientar o estudo e a aprendizagem significativa é com questões que ligam conceitos para a formação de proposições. Estimule os estudantes a responder às questões consultando o livro e a elaborar roteiros de estudo analisando os textos parágrafo por parágrafo.

A comparação entre raízes, caules e folhas das plantas mostra diferentes aspectos da diversidade do mundo vivo. Relacione tal diversidade com os hábitats típicos das plantas e use a evidência de adaptação ao ambiente para discutir a origem evolutiva da diversidade. Mostre aos estudantes que, apesar das diferenças anatômicas visíveis a olho nu, a organização morfológica no nível microscópico é muito semelhante entre as diversas espécies de angiospermas, o que revela a unidade do mundo vivo, ou seja, que grande parte das diferenças observadas são variações de uma organização estrutural básica que as diversas espécies herdaram de um ancestral comum.

A atividade da seção "Faça você mesmo!" é a dissecação de flores, que permite aos estudantes compreender melhor os conceitos relativos à reprodução das angiospermas, além de ressaltar a variedade de "soluções reprodutivas" adotadas por esses seres vivos. Na elaboração do relatório dessa atividade, dê bastante liberdade para os alunos trabalharem com desenhos, fotografias ou outras representações que eles queiram utilizar. Isso pode ajudá-los a se apropriar mais facilmente dos conteúdos estudados.

Habilidades sugeridas

- Conhecer as etapas iniciais do desenvolvimento embrionário de uma angiosperma.
- Conceituar germinação e identificar as partes fundamentais da planta jovem presente no interior da semente.

- Identificar as partes básicas da raiz e do caule das plantas angiospermas e a localização dos principais tecidos vegetais, como epiderme, periderme, parênquima, colênquima, esclerênquima, xilema, floema e meristemas.
- Distinguir o crescimento primário e secundário de raízes e caules.
- Identificar a anatomia básica e os tecidos componentes de uma folha.

Itens principais

- Reprodução das angiospermas
- Desenvolvimento e componentes celulares das plantas
- Organização corporal das angiospermas

Conceitos fundamentais

- Flor
- Estames
- Carpelos
- Ovário
- Polinização
- Endosperma
- Dupla fecundação
- Fruto
- Radícula
- Caulículo
- Cotilédones
- Coleóptilo
- Epiderme
- Periderme
- Parênquima
- Colênquima
- Esclerênquima
- Xilema
- Floema
- Plasmodesmo
- Coifa
- Endoderme
- Cilindro vascular
- Periciclo
- Feixes liberolenhosos
- Crescimento primário
- Crescimento secundário
- Câmbio vascular
- Folhas
- Mesofilo

CAPÍTULO 6

Fisiologia das plantas

A importância do assunto

Neste capítulo, que encerra o módulo de Botânica, são abordados os aspectos fundamentais da fisiologia vegetal, começando pela nutrição orgânica, que envolve a produção de substâncias pela fotossíntese, e complementando com alguns aspectos da nutrição mineral. Esses conhecimentos têm diversas aplicações práticas, das quais a hidroponia é um exemplo. No segundo e no terceiro itens, estudamos o transporte de substâncias no corpo vegetal, realizados pelo xilema e pelo floema. O quadro “Amplie seus conhecimentos”, intitulado *A importância da osmose para as plantas*, destaca o papel da osmose na fisiologia das plantas, funcionando como “motor” do transporte de substâncias e desempenhando função importante na manutenção da forma das plantas. No quarto item, estudamos os hormônios vegetais, substâncias que regulam o desenvolvimento e são responsáveis por diversas respostas adaptativas das plantas. O quinto e último item trata do fitocromo e sua atuação nos processos controlados pela exposição à luz.

O conhecimento sobre os organismos vegetais tem revelado inúmeros aspectos peculiares desses seres vivos, com os quais nossa história está interligada desde nossas origens; não é exagero afirmar que, sem as plantas, não estaríamos aqui.

Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo

Na abertura do capítulo, destacamos o valor das angiospermas na alimentação humana, além de seu valor estético e decorativo. Conhecer o organismo vegetal e sua fisiologia tem possibilitado à humanidade perceber as incríveis soluções e estratégias adaptativas desses organismos. Considerando o fato de as plantas serem autotróficas, elas certamente sobreviveriam sem nós, mas dificilmente nós sobreviveríamos sem elas.

Muitos conhecimentos sobre as plantas vêm sendo aplicados há séculos em benefício da humanidade. O melhoramento vegetal e a evolução das técnicas de adubação e de cultivo foram fundamentais para reverter as sombrias previsões de Thomas Malthus, que, no começo do século XIX, afirmou que o tamanho da população humana logo excederia sua capacidade de produzir alimentos. Troque ideias com seus colegas das disciplinas de História e Geografia a respeito da influência malthusiana no pensamento ocidental, que atingiu também Charles Darwin na formulação da sua teoria da evolução por seleção natural.

Ainda sobre o abastecimento de alimentos, comente que a agricultura é o setor que mais gasta água no mundo. Dados da Organização das Nações Unidas (ONU) revelam que cerca de 70% de toda a água disponível no mundo é utilizada para irrigação. No Brasil, esse número é um pouco maior: chega a 72%. Sobre esse assunto, proponha algumas questões para a classe: **1.** No mundo, ainda há milhões de pessoas sem acesso a água potável. Você acha que deveria haver alguma política de recursos hídricos priorizando o atendimento dessas pessoas desfavorecidas de um recurso essencial à vida e à saúde? Justifique. **2.** Segundo a Agência Nacional das Águas, o setor que mais gasta água no Brasil é a agricultura irrigada. Pesquise se há desperdícios evitáveis na irrigação das lavouras e quais as maneiras de tornar mais eficiente esse processo.

3. A água é um recurso tão valioso que deve sempre ser utilizado de maneira consciente, mesmo em épocas sem crise hídrica. Discuta com seus colegas que hábitos podem ser incorporados no dia a dia para economizar água.

Estimule e acompanhe os alunos na realização da atividade sugerida na seção "Faça você mesmo!", que permite constatar o comportamento geotrópico de caules e raízes. Discuta com os estudantes como a resposta geotrópica, embora se baseie em princípios fisiológicos relativamente simples, mostra o enorme potencial adaptativo das plantas.

Habilidades sugeridas

- Identificar aspectos básicos da nutrição e da fisiologia das plantas, reconhecendo sua importância para o desenvolvimento e a otimização da agricultura.
- Conhecer as substâncias minerais de que as plantas necessitam – macronutrientes e micronutrientes – e compreender os princípios da adubação do solo.
- Explicar como a água e os sais minerais absorvidos pelas raízes chegam até as folhas, transportados pelo xilema.
- Reconhecer a fotossíntese como a fonte primária de alimentos orgânicos para as plantas.
- Explicar o deslocamento da seiva orgânica no floema segundo a hipótese do fluxo de massa.
- Conhecer os principais grupos de hormônios vegetais e suas funções na planta.
- Conhecer e compreender a ação das auxinas nos tropismos da raiz e do caule e no fenômeno da dominância apical.
- Relacionar fitocromos ao controle de certos aspectos da fisiologia vegetal, como a floração.

Itens principais

- A nutrição das plantas
- Absorção e condução da seiva mineral
- A condução da seiva orgânica
- Hormônios vegetais e controle do desenvolvimento
- Fitocromos e desenvolvimento

Conceitos fundamentais

- Fotossíntese
- Fator limitante da fotossíntese
- Ponto de saturação luminosa
- Ponto de compensação fótico
- Macronutrientes
- Micronutrientes
- Hidroponia
- Seiva mineral
- Hipótese da coesão-tensão
- Transpiração
- Estômato
- Seiva orgânica
- Hipótese do fluxo de massa
- Fitormônios
- Auxinas
- Fototropismo
- Gravitropismo
- Dominância apical
- Giberelinas
- Citocininas
- Ácido abscísico
- Etileno
- Fitocromo
- Estiolamento
- Fotoperiodismo

Competências e habilidades do Enem relacionadas ao módulo 2

Competências

- Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular as ligadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.
- Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.
- Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.
- Compreender as Ciências Naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

Habilidades

- Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos, ou na organização taxonômica dos seres vivos.
- Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando os processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.
- Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses conflitantes.
- Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos e na organização taxonômica dos seres vivos.
- Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

Capítulo 4 – A diversidade das plantas

CHAVES, M. S.; ALMEIDA, N. P. Ferrugens do trigo e segurança alimentar. *Ciência Hoje*, v. 49, n. 290, p. 36-41, mar. 2012.

Doenças vegetais como a ferrugem, causada por fungos, podem afetar drasticamente a produtividade de plantas utilizadas na alimentação humana, como o trigo.

(Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2012/290/ferrugens-do-trigo-e-seguranca-alimentar>. Acesso em: mar. 2016.)

DINIZ, I. N. As árvores do deserto. *Pesquisa Fapesp*, n. 188, p. 48-50, out. 2011.

Fósseis de coníferas encontrados no sudeste brasileiro indicam que essas plantas viveram em ambiente desértico ainda na época de Gondwana.

(Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2011/10/048-050-188.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

FIORAVANTI, C. O revestimento das samambaias. *Pesquisa Fapesp*, n. 189, p. 46-47, nov. 2011.

A parede celular de avencas, diferentemente da parede celular de outras plantas, tem composição de açúcares. As substâncias que formam a parede celular das avencas podem habilitar esse grupo de plantas a ser utilizado na produção de biocombustíveis e papéis especiais.

(Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2011/11/046-047-189.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

FIORAVANTI, C. Indesejáveis, mas nem sempre. *Pesquisa Fapesp*, n. 192, p. 32-35, fev. 2012.

O debate entre a preservação ambiental e os interesses econômicos dificulta uma definição sobre o que fazer com as espécies consideradas invasoras.

(Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/04/032-035_192.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

MARGULIS, L.; SAGAN, D. *O que é vida?* Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002. p. 217-219.

Esse trecho do livro fala sobre as relações entre plantas e animais, como eles se associam e geram benefícios mútuos.

OLIVEIRA, F. C. de; ALBUQUERQUE, U. P. de; FONSECA-KRUEL, V. S. da; HANAZAKI, N. Avanços nas pesquisas etnobotânicas no Brasil. *Acta Bot. Bras.*, 23(2): 590-605, 2009.

Esse artigo mostra a importância de conhecimentos tradicionais no desenvolvimento da Botânica no Brasil.

(Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abb/v23n2/v23n2a31.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

Capítulo 5 – Reprodução e desenvolvimento das angiospermas

CECCON, M. Fruta brasileira com selo de importação. *Ciência Hoje*, v. 50, n. 298, p. 46-47, nov. 2012.

Uma espécie de goiabeira nativa do sul do Brasil é estudada para a produção agrícola no país. Frutos, flores e sementes apresentam potencial para consumo.

GLOVER, J. D.; COX, C. M.; REGANOLD, J. P. Agricultura do futuro: um retorno às raízes? *Scientific American Brasil*.

A agricultura do futuro se tornaria mais sustentável se as principais plantas cultivadas fossem perenes. Com base nisso, pesquisadores vêm trabalhando na transformação dos nossos sistemas de cultivo.

(Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/agricultura_do_futuro_um_retorno_as_raizes_.html>. Acesso em: mar. 2016.)

REYNOL, F. Bagaço de qualidade. *Agência Fapesp*, 22 dez. 2009.

Pesquisadores têm desenvolvido novos usos para o bagaço da cana-de-açúcar, que é o principal resíduo da indústria sucroalcooleira.

(Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/11533>. Acesso em: mar. 2016.)

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 201-204.

O texto aborda características adaptativas das plantas, envolvendo a anatomia foliar, que permitem maximizar a absorção de luz.

Capítulo 6 – Fisiologia das plantas

BORGES, A. de C.; VILLAR, L. S. Barreiras naturais contra metais tóxicos. *Ciência Hoje*, v. 48, n. 287, p. 34-37, nov. 2011.

Algumas plantas que crescem em locais alagadiços apresentam um mecanismo de retirada de metais tóxicos do ambiente, formando “placas de ferro”. Essa captura reduz a ameaça que os contaminantes representam para os organismos que habitam esse ambiente.

(Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2011/287>. Acesso em: mar. 2016.)

FARIAS, L. M. Sofrer para crescer. *Ciência Hoje*, v. 47, n. 280, p. 54-55, abr. 2011.

Pesquisas revelam crescimento acelerado de plantas submetidas a variações de gravidade. Em plantas de rúcula, por exemplo, as amostras indicaram aumento no tamanho da raiz, enquanto em cenouras o resultado é inverso.

SILVEIRA, E. Barba-de-velho mede poluição. *Pesquisa Fapesp*, n. 183, p. 78-79, maio 2011.

Estudos, ainda em fase experimental, apontam a espécie de bromélia *Tillandsia usneoides* como possível bioindicadora da qualidade do ar, especialmente sensível à presença de metais pesados.

(Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/04/078-79-183.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

MÓDULO 3

O reino dos animais

RICARDO AZOURY/PULSAR IMAGENS

CAPÍTULO 7

Tendências evolutivas nos grupos animais

A importância do assunto

A proposta deste módulo é apresentar aos estudantes a diversidade da vida animal e a busca dos cientistas pela compreensão de como se estabeleceram as estratégias de sobrevivência exibidas pelos grandes filos atuais. Neste capítulo, discutimos quais características os sistematas consideram mais importantes para estabelecer as relações de parentesco evolutivo entre os grupos do reino Animal. Entre elas, destacam-se a simetria, os tecidos embrionários, a origem das cavidades corporais e as similaridades genéticas.

No segundo e último item do capítulo, é traçado um panorama geral de algumas soluções adaptativas desenvolvidas pelos diferentes grupos de animais. Analisamos, por exemplo, como ocorrem a obtenção e a digestão de alimento, a distribuição de substâncias pelo corpo, a eliminação de resíduos e excreções etc. Esses temas serão retomados nos dois capítulos seguintes, em que estudamos sistematicamente os principais filos do reino ao qual pertencemos.

Estudar a diversidade animal é investir em autoconhecimento, pois nossas origens e a de todos os nossos parceiros de reino remontam aos mares do período Ediacarano, quando se esboçavam os primeiros passos da estratégia de vida animal. É importante levar os estudantes a perceber que ainda há muito a conhecer sobre o tema, até sermos capazes de reconstituir com relativa segurança a história da vida. Afinal, estamos tratando de eventos ocorridos há centenas de milhões de anos e dos quais ainda há poucas evidências. À medida que os cientistas fazem novas descobertas e elaboram novas interpretações teóricas, a história dos animais e as relações evolutivas entre os grupos vão se tornando mais claras.

Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo

Na abertura do capítulo, intitulada *Enigmas da história da vida animal*, recuamos no tempo até o primeiro período da era Paleozoica, o Cambriano, marcado pelo rápido aparecimento de fósseis dos grupos animais existentes atualmente: a chamada “explosão cambriana”. Como uma diversificação tão grande pode ter ocorrido em tempo geológico relativamente tão curto? As novas descobertas e o avanço das técnicas de análise e datação de fósseis mostram que as respostas podem estar ainda um pouco mais distantes no tempo, no período precedente ao Cambriano: o recém-denominado período Ediacarano. Embora as formas de vida dessa época sejam bem diferentes das da fauna atual, os cientistas acreditam que nelas se encontram as bases para a evolução e diversificação de todos os animais.

Aproveite o interesse natural dos estudantes pelos animais e explore a capacidade de expressão por meio do desenho. A habilidade de representar os mais diversos aspectos da realidade com ilustrações e esquemas gráficos abre inúmeras possibilidades de expor ideias e sentimentos. Imagens agregam concretude, imaginação e velocidade à comunicação. Explore um viés interdisciplinar do tema orientando uma pesquisa sobre os desenhos rupestres de animais encontrados em grutas como as de Lascaux, na França, ou as da Serra da Capivara, no estado do Piauí. Converse com seus colegas de História, Geografia e Arte sobre a possibilidade de realizar algum tipo de atividade conjunta.

Estimule os estudantes a observar e desenhar animais vertebrados e invertebrados de nosso convívio cotidiano (evitando contato com aqueles potencialmente perigosos). Alguns estudantes podem argumentar que não são bons desenhistas, mas lembre-os de que o valor da ilustração está em sua capacidade de expressão, e não necessariamente no refinamento técnico. Converse com seus colegas das disciplinas de Arte e Língua Portuguesa sobre a possibilidade de desenvolver algum tipo de atividade interdisciplinar, ainda que informal, a respeito desses temas, ao longo do curso.

Em diversas atividades desta obra exploramos o intercâmbio de informação entre as muitas formas de expressão, que comentamos anteriormente; neste capítulo, por exemplo, na atividade da seção "Faça você mesmo!", sugerimos que os estudantes defendam seu ponto de vista em um cartaz com ilustrações e frases de impacto sobre a questão "É eticamente aceitável utilizar animais em pesquisas científicas?".

Habilidades sugeridas

- Valorizar o estudo sistemático dos principais grupos animais, reconhecendo as estratégias evolutivas que compartilhamos com esses seres vivos.
- Caracterizar animais diblásticos e triblásticos, reconhecendo que, exceto por poríferos e cnidários, todos os filos animais são triblásticos.
- Caracterizar acelomados, pseudocelomados e celomados e reconhecer os filos em que cada uma dessas características ocorre.
- Caracterizar animais protostômios e deuterostômios, reconhecendo os filos em que cada uma dessas características ocorre.
- Conhecer os nove filos animais apresentados no texto e alguns de seus representantes.

Itens principais

- Parentesco evolutivo entre os principais grupos animais
- Sistemas corporais dos animais

Conceitos fundamentais

- Diblástico
- Triblástico
- Sistema digestivo incompleto
- Sistema digestivo completo
- Blastóporo
- Protostômios
- Deuterostômios
- Celoma
- Pseudoceloma
- Metameria
- Explosão cambriana
- Respiração cutânea
- Respiração traqueal
- Respiração branquial
- Respiração pulmonar
- Sistema circulatório aberto
- Sistema circulatório fechado
- Protonefrídios
- Metanefrídios
- Túbulos de Malpighi

CAPÍTULO 8

Animais invertebrados

A importância do assunto

Neste capítulo, apresentamos um panorama dos principais filos de animais invertebrados: Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes, Nematoda, Mollusca, Annelida, Arthropoda e Echinodermata. A intenção é mostrar nossa proximidade com diversos grupos de animais. Esse é um motivo para conhecê-los, mas não o único. Ao estudar suas principais características, seus sistemas corporais e as relações evolutivas, reconhecemos suas estratégias adaptativas, muitas das quais compartilhamos.

O maior objetivo deste módulo é explicitar a unidade dentro da diversidade, ou seja, reconhecer que, apesar da grande diversidade de animais, eles podem ser agrupados em poucas dezenas de filos, que exibem estratégias evolutivas bem-sucedidas, que começaram a surgir há mais de 600 milhões de anos.

Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo

Com o intuito de mostrar as muitas relações que nossa espécie mantém com diversos grupos de animais invertebrados, a abertura do capítulo traz o texto *Pequeno passeio gastronômico pelo reino Animal*, que trata da importância dos invertebrados como alimento para a espécie humana. Esse assunto pode ser explorado em contextos culturais, uma vez que a gastronomia é uma das vertentes pela qual se expressa o patrimônio de cada cultura. Converse com professores de História sobre a possibilidade de integrar assuntos como esse, mesmo que informalmente.

O estudo sistemático dos animais é um desafio para os estudantes, mas pode ser facilitado por atividades interessantes que explorem as possibilidades motivadoras do tema.

Ao estudar cada filo, dê exemplos de animais que os estudantes conheçam. Compare as diferentes estratégias que ajudaram na sobrevivência de cada grupo animal.

Enquanto alguns invertebrados apresentam aspectos positivos e utilitários, outros são causadores de doenças, geralmente evitáveis com a tomada de medidas preventivas adequadas a cada situação. Essas questões são trabalhadas em dois quadros "Ciência e cidadania", um deles intitulado *Doenças causadas por vermes platelmintos* e o outro, *Doenças provocadas por vermes nematódeos*. Cada quadro contém um Guia de leitura, que ajuda os estudantes a explorar em profundidade o texto, trazendo propostas sobre como desenhar ciclos de vida e como construir tabelas comparativas sobre as principais verminoses que afetam as populações humanas. Utilize esses quadros como atividades para os estudantes.

Com o intuito de contextualizar o assunto das verminoses, comente com os estudantes que um estudo realizado em 2010 pela Faculdade de Saúde Pública (FSP) da Universidade de São Paulo (USP) revelou a presença de ovos de vermes, transmitidos pelas fezes de animais e do ser humano, em dez praças públicas com parque infantil na Zona Leste da cidade de São Paulo. Sobre esse assunto, proponha as seguintes questões para a classe: **1.** Como poderia ser evitada a contaminação por ovos de vermes desses locais públicos? **2.** As praças analisadas podem dar uma dimensão do panorama de contaminação dos bairros vizinhos? Explique. **3.** De que maneira essas condições precárias de saneamento básico, observadas em um grande centro urbano como São Paulo, afetam a cidadania da população? Como a população pode reivindicar seus direitos? A discussão sobre essas questões favorece o desenvolvimento da visão crítica dos alunos.

Ao falar sobre os aracnídeos, convém mencionar que algumas espécies são peçonhentas. Uma sugestão é trabalhar o assunto em seminários, incentivando os estudantes na busca de informações sobre as espécies que ocorrem na região onde a escola se localiza. Peça aos estudantes que foquem na prevenção de acidentes com esses animais e divulguem as informações para a comunidade.

Uma atividade interessante é visitar com os estudantes um mercado ou entreposto de pescado, observando e registrando (com câmera fotográfica ou aparelho celular) os diversos tipos de invertebrados ali comercializados, principalmente moluscos e crustáceos. Sugira aos estudantes que entrevistem os vendedores, perguntando o que eles sabem sobre os hábitos de vida de cada animal. Se possível, combine a visita com antecedência com os comerciantes, para aproveitar ao máximo a atividade, sem contratempos. Sugira aos estudantes que anotem, desenhem, gravem ou filmem a visita, coordenando a produção de uma mostra multimídia sobre a atividade. Eventualmente, envolva colegas de outras áreas no trabalho.

A atividade da seção "Faça você mesmo!" estimula a construção de um minhocário. Além de permitir compreender e observar hábitos das minhocas, ele pode ser utilizado para discutir sobre impressões desagradáveis que as pessoas têm desses animais.

Habilidades sugeridas

- Caracterizar os animais de cada filo quanto aos seguintes aspectos: local onde vivem, organização corporal, características fisiológicas principais, reprodução.
- Descrever e esquematizar as principais etapas dos ciclos de vida do esquistossomo e da tênia, identificando em cada ciclo os hospedeiros intermediários e as atitudes que podem prevenir a infestação por esses parasitas.
- Informar-se sobre algumas das principais verminoses causadas por nematódeos e as atitudes que podem prevenir a infestação por esses parasitas.
- Informar-se sobre a importância de moluscos e crustáceos na alimentação humana, exemplificando.

Itens principais

- Filo Porifera (poríferos ou esponjas)
- Filo Cnidaria (cnidários)
- Filo Platyhelminthes (platelmintos)
- Filo Nematoda (nematódeos)
- Filo Mollusca (moluscos)
- Filo Annelida (anelídeos)
- Filo Arthropoda (artrópodes)
- Filo Echinodermata (equinodermos)

Conceitos fundamentais

- Poríferos
- Cnidários
- Cnidoblastos
- Metagênese
- Platyhelminthes
- Hospedeiro definitivo
- Hospedeiro intermediário
- Cisticerco
- Esquistossomose
- Teníase
- Cisticercose humana
- Nematódeos
- Ancilostomose
- Filariose
- Moluscos
- Anelídeos
- Artrópodes
- Crustáceos
- Quelicerados
- Aracnídeos
- Insetos
- Metamorfose completa
- Equinodermos
- Sistema hidrovascular

CAPÍTULO 9

Cordados

A importância do assunto

A proposta do capítulo é estudar os principais representantes do filo dos cordados, dos quais os vertebrados são os mais expressivos. Além de mencionar os protocordados e suas relações filogenéticas com os vertebrados, traçamos um rápido panorama da diversidade dos cordados. Acreditamos que conhecer as principais características de nossos companheiros de filo acrescenta conhecimento sobre nós mesmos. Nossa ideia, neste capítulo, foi diminuir a ênfase em detalhes anatômicos e fisiológicos dos grupos, porém sem perder de vista que alguns desses aspectos são importantes para caracterizar esses animais.

Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo

Na abertura deste último capítulo do módulo, comentamos como recentes pesquisas genômicas vêm ajudando os cientistas a elucidar os intrincados caminhos da evolução dos grandes grupos de seres vivos. Acredita-se que os anfioxos e os vertebrados herdaram suas características mais típicas, comuns e exclusivas de todos os cordados – notocorda, tubo nervoso dorsal e fendas faringianas – de um ancestral que viveu no período Ediacarano ou no Cambriano, entre 580 milhões e 540 milhões de anos atrás.

Se houver tempo e interesse, sugira aos estudantes que pesquisem animais de cada grupo dos cordados com relação à sua importância para a economia e para a alimentação, como fizemos no capítulo anterior para os invertebrados.

Vale a pena realizar a atividade prática de observação da anatomia externa e interna de um peixe ósseo, sugerida na seção “Faça você mesmo!”. Caso não seja possível realizar a atividade na escola, estimule os alunos a observar a morfologia externa de peixes em aquários, em mercados e em feiras. Nesse caso, torna-se interessante complementar a atividade de observação com o uso de *softwares* que simulem a dissecação de peixes, como o disponível em: <http://www2.sd35.bc.ca/uconnect/salmon/DissectionGame.html>. (Acesso em: mar. 2016.)

Como sugerimos no capítulo anterior, pode ser interessante visitar um mercado ou entreposto de pescado, registrando com fotografias os diversos tipos de peixes ali comercializados. Sugira aos estudantes que entrevistem os vendedores, perguntando o que eles sabem sobre os hábitos de vida de cada espécie. Combine a visita com antecedência, para aproveitar ao máximo a atividade, sem contratempos. Sugira aos estudantes que anotem, desenhem, gravem ou filmem a visita, coordenando a produção de uma exposição multimídia sobre a atividade. Eventualmente, envolva colegas de outras áreas no trabalho.

Se serpentes peçonhentas forem comuns em sua região, é importante realizar um trabalho de identificação dos animais que oferecem algum risco, além de destacar formas de evitar e tratar possíveis acidentes ofídicos. Esse tema permite a realização de seminários, em que os alunos selecionam e compartilham o conteúdo pesquisado, ou a elaboração de materiais de divulgação (impresso ou digital), em que o conhecimento adquirido pode ser compartilhado com a comunidade.

Habilidades sugeridas

- Caracterizar os animais de cada grupo do filo Chordata quanto aos seguintes aspectos: local onde vivem, organização corporal, características fisiológicas principais, reprodução.
- Explicar a função da bexiga natatória dos peixes e obter informações sobre a possível relação evolutiva entre esse órgão e os pulmões.

Itens principais

- Características gerais dos cordados
- Protocordados
- Características gerais dos craniados
- Peixes
- Tetrápodes (Tetrapoda)

Conceitos fundamentais

- Cordados
- Notocorda
- Tunicados
- Cefalocordados
- Craniados
- Vertebrados
- Condrictes
- Osteíctes
- Tetrápodes
- Anfíbios
- Répteis
- Ovo amniótico
- Aves
- Mamíferos
- Monotremados
- Marsupiais
- Placentários

Competências e habilidades do Enem relacionadas ao módulo 3

Competências

- Compreender as Ciências Naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.
- Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas ligadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.
- Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidades

- Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.
- Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.
- Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.
- Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.
- Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos, ou na organização taxonômica dos seres vivos.
- Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando os processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.
- Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses conflitantes.

Leituras complementares para o professor

Capítulo 7 – Tendências evolutivas nos grupos animais

DRAGO, C. Mistérios do campo magnético. *Ciência Hoje*, v. 48, n. 283, p. 66-67, jul. 2011.

Com base na existência das chamadas bactérias magnetostáticas, pesquisas tentam descobrir se animais percebem perturbações magnéticas e se estas exercem influência em sua vida ou em seu comportamento.

FURTADO, F. Sobre consciência em animais. *Ciência Hoje*, v. 50, n. 296, p. 8-11, set. 2012.

Em entrevista, o neurocientista David B. Edelman comenta a Declaração de Cambridge sobre Consciência, um manifesto assinado por diversos pesquisadores da área em que se afirma que não são somente os humanos que possuem estruturas neurológicas capazes de gerar consciência.

(Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2012/296/sobre-consciencia-em-animais>. Acesso em: mar. 2016.)

Capítulo 8 – Animais invertebrados

DINIZ, I. N. Ostras podem acumular agentes causadores de doenças, comprova pesquisa. *Pesquisa Fapesp*, mar. 2012.

Ao se alimentarem filtrando a água, ostras absorvem compostos químicos e patógenos humanos, como vírus e protozoários, tornando-se um alimento perigoso para quem consome esse molusco cru.

(Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/03/28/ostras-podem-acumular-agentes-causadores-de-doenças-comprova-pesquisa/>. Acesso em: mar. 2016.)

GALANI, L. O segredo das *Loxosceles*. *Ciência Hoje*, v. 47, n. 281, p. 58-59, maio 2011.

Aranhas-marrons têm ovos super-resistentes, o que poderia explicar seu sucesso reprodutivo. Além dessa informação, o texto apresenta características gerais da espécie, hábitos e dados sobre acidentes com humanos.

NOGUEIRA, S. A batalha contra um verme. *Pesquisa Fapesp*, edição especial 50 anos, p. 58-61, maio 2012.

Pesquisas brasileiras têm buscado métodos eficientes para combater a esquistossomose. A utilização de genes identificados do *Schistosoma* reduziu, ainda que pouco, o número de infecções em camundongos, mostrando-se uma técnica promissora para aumentar a resposta imune do hospedeiro.

(Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/08/58-61_esquistossomose.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

SANTO, M. M. E. et al. Parasitoides: insetos benéficos e cruéis. *Ciência Hoje*, v. 49, n. 291, p. 34-39, abr. 2012.

Insetos que se desenvolvem dentro de outros organismos, muitas vezes causando a morte do hospedeiro, vêm sendo usados para controle biológico de pragas agrícolas.

(Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2012/291/pdf_aberto/parasitoides291.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

Capítulo 9 – Cordados

ANDRADE, R. O. Lagartos teiú regulam temperatura corporal em períodos de acasalamento. *Pesquisa Fapesp*, edição *online*.

Artigo que aborda o controle de temperatura em répteis. Ele ajuda a mostrar que o conhecimento científico é um processo contínuo, e diversos paradigmas podem ser alterados devido a novas descobertas.

(Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2016/01/22/lagartos-teiu-regulam-temperatura-corporal-em-periodos-de-acasalamento/>. Acesso em: mar. 2016.)

FIORAVANTI, C. A Galápagos brasileira. *Pesquisa Fapesp,* edição especial 50 anos, p. 94-97, maio 2012.

Pesquisadores afirmam que algumas espécies de lagartos que vivem nas dunas do Rio São Francisco parecem ter histórias evolutivas próprias.

(Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/08/94-97_lagartos.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

KELLNER, A. W. A. Uma descoberta espetacular. *Ciência Hoje,* v. 47, n. 281, p. 70-72, maio 2011.

O artigo relembra a descoberta, em 1861, do fóssil de *Archaeopteryx lithographica*, na Alemanha, e discute aspectos evolutivos e da anatomia da ave.

MANCHESTER UNIVERSITY. How tadpoles re-grow their tails: implications for human healing. *Science Daily*, jan. 2013.

O artigo (em inglês) aborda o processo de regeneração da cauda de girinos, que parece estar associado a um aumento na concentração de peróxido de hidrogênio no tecido, conhecido por ser prejudicial às células. A compreensão desse processo pode contribuir para pesquisas que envolvem a recuperação de tecidos humanos.

(Disponível em: <http://www.sciencedaily.com/releases/2013/01/130113201141.htm>. Acesso em: mar. 2016.)

MENDONÇA, F. F.; FORESTI, F. Tubarões: pesquisa genética e conservação. *Ciência Hoje*, v. 48, n. 288, p. 48-52, dez. 2011.

Pesquisas utilizando a Genética molecular têm auxiliado na identificação precisa de espécies de tubarões que têm sua preservação ameaçada pela pesca excessiva.

(Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2011/288/genetica-e-conservacao>. Acesso em: mar. 2016.)

TRAJANO, E. 1. Origem, evolução e filogenia de Chordata e Craniata; 2. Agnatha atuais e Chondrichthyes; 3. Osteichthyes; 4. Sarcopterygii; 5. Os Amniota. In: LOPES, S. G. B. C.; VISCONTI, M. A. (Org.). *Diversidade e evolução de fungos e animais*. São Paulo: Edusp, 2014. v. 1, p. 259-414.

Os cinco capítulos desse livro trazem informações sobre a origem e a evolução dos cordados e craniados; a origem das maxilas nos condrictes e as vantagens dessa novidade evolutiva; a conquista do ambiente terrestre e a origem dos tetrápodes; e as características dos anexos extraembrionários de um ovo amniótico.

(Disponível em: <http://midia.atp.usp.br/impressos/lic/modulo03/vertebrados_PLC0024/Vertebrados_top01.pdf>, <http://midia.atp.usp.br/impressos/lic/modulo03/vertebrados_PLC0024/Vertebrados_top02.pdf>, <http://midia.atp.usp.br/impressos/lic/modulo03/vertebrados_PLC0024/Vertebrados_top03.pdf>, <http://midia.atp.usp.br/impressos/lic/modulo03/vertebrados_PLC0024/Vertebrados_top04.pdf> e <http://midia.atp.usp.br/impressos/lic/modulo03/vertebrados_PLC0024/Vertebrados_top05.pdf>. Acessos em: mar. 2016.)

MÓDULO 4

Anatomia e fisiologia humanas

ROBERTO MACHADO NOA/LIGHTROCKET/GETTY IMAGES

CAPÍTULO 10

Nutrição, respiração, circulação e excreção

A importância do assunto

Neste capítulo, estudamos quatro sistemas corporais: digestório, respiratório, cardiovascular e urinário. Para tornar o estudo mais dinâmico e interessante, optamos por apresentar a anatomia e a fisiologia de cada sistema de forma integrada. A proposta é conhecer os aspectos básicos do funcionamento de nosso corpo, o que permite atuar conscientemente em nosso benefício. Embora os médicos sejam os profissionais mais capacitados para atuar em situações de doença, cabe a cada um de nós adotar hábitos saudáveis e cuidar diariamente da própria saúde.

Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo

Na abertura do capítulo, enfatizamos as mudanças de hábitos alimentares da população brasileira e sua relação com o aumento dos casos de obesidade e de excesso de peso. A composição de uma dieta equilibrada e saudável é tratada no primeiro item do capítulo. Aproveite o tema da alimentação balanceada para promover uma reflexão sobre os hábitos alimentares dos estudantes. Isso pode ser feito por meio de um diário de alimentação durante alguns dias (idealmente 7 dias, mas, caso não seja possível, fazer o diário de alimentação garantindo pelo menos um dia da semana e um dia de fim de semana), em que todos os alimentos, quantidades e horários são anotados. A partir do diário, é possível calcular a quantidade de calorias e de cada nutriente ingerida diariamente e pensar em alimentos que podem ser substituídos ou adicionados para criar uma alimentação balanceada. Em alguns casos, pode ser necessário orientar o aluno a buscar mais informações com um nutricionista ou outro profissional da saúde para a realização de exames ou acompanhamento nutricional.

É preciso destacar para os estudantes a importância da alimentação e dos cuidados com o sistema digestório, uma vez que muitos problemas que afetam outros sistemas corporais são decorrentes da má alimentação. No segundo item do capítulo, tratamos do sistema respiratório e, no terceiro, do sistema cardiovascular. No quarto e último item, apresentamos os aspectos básicos da anatomia e fisiologia urinárias.

No final de cada um dos três primeiros itens, há um quadro "Ciência e cidadania" dedicado a doenças e cuidados com cada sistema corporal. Como temos enfatizado, esses quadros são acompanhados de Guia de leitura, que, além de ajudar o estudante a analisar o texto em profundidade, traz propostas para reflexões e ações. Considere os quadros como atividades integrantes do capítulo.

Na seção "Questões para exercitar o pensamento" deste capítulo, há uma atividade que envolve interpretação de gráficos. Se achar conveniente, estimule os estudantes a conversar com o professor de Matemática sobre o assunto.

Na seção "Faça você mesmo!", é apresentada uma atividade que consiste em medir as frequências cardíacas, de fácil execução e com potencial motivador e de aplicação do conhecimento teórico.

Habilidades sugeridas

- Conhecer os principais tipos de nutrientes presentes nos alimentos e reconhecer a função de cada um deles no organismo humano.
- Associar corretamente alimentos e nutrientes neles presentes; avaliar a composição química e a energia disponível em diversos alimentos com base na consulta de tabelas nutricionais.
- Conhecer e justificar os fundamentos de uma dieta balanceada, necessária à manutenção de uma boa saúde.
- Conhecer a anatomia e a fisiologia básicas do sistema digestório humano e compreender o papel de cada um de seus órgãos no processo de digestão.
- Informar-se sobre os principais cuidados com o sistema digestório no que se refere à alimentação, de modo a atuar preventivamente para o bom funcionamento desse sistema corporal.
- Conhecer os componentes básicos do sistema cardiovascular humano e compreender o papel de cada um deles no organismo.
- Conhecer a estrutura geral e as funções básicas do sistema linfático.
- Compreender a ação coordenada das sístoles e das diástoles cardíacas na circulação do sangue e conhecer os valores considerados normais para a pressão arterial sistólica (entre 120 mmHg e 130 mmHg) e para a pressão arterial diastólica (entre 70 mmHg e 80 mmHg).
- Representar por meio de esquemas o caminho do sangue na circulação pulmonar e na circulação sistêmica.
- Informar-se sobre os principais cuidados com o sistema cardiovascular, de modo a atuar positivamente para o bom funcionamento desse sistema corporal e, consequentemente, da saúde.
- Reconhecer o papel do sistema imunitário na defesa contra agentes estranhos e potencialmente perigosos ao organismo.
- Conhecer os componentes básicos do sistema respiratório humano e compreender o papel da hemoglobina no processo de hematose.
- Estar informado sobre os principais cuidados com o sistema respiratório, de modo a manter o bom funcionamento desse sistema corporal e da saúde.
- Conhecer os componentes básicos do sistema urinário humano e compreender o papel de cada um deles no organismo.
- Conhecer a estrutura do néfron e compreender como ocorre a filtração do sangue nos glomérulos renais, a reabsorção de substâncias úteis e a eliminação de excreções na urina.

Itens principais

- A nutrição humana
- Respiração
- Circulação sanguínea e linfática
- Sistema urinário humano

Conceitos fundamentais

- Nutrição
- Aminoácidos essenciais
- Vitaminas
- Dieta protetora
- Dieta balanceada
- Amilase salivar
- Suco gástrico
- Suco entérico
- Suco pancreático
- Bile
- Vilosidades intestinais
- Pâncreas
- Fígado
- Laringe
- Traqueia
- Brônquios
- Alvéolos pulmonares
- Diafragma
- Hematose
- Diástole ventricular
- Sístole ventricular
- Pressão arterial
- Vasos linfáticos
- Linfa
- Linfonodos
- Sistema imunitário
- Macrófagos
- Linfócitos B
- Anticorpos
- Linfócitos T
- Vacinação
- Soros imunes
- Rins
- Néfron

CAPÍTULO 11

Integração e controle corporal

A importância do assunto

A proposta do capítulo é apresentar o sistema nervoso humano, que nos distingue substancialmente dos outros animais. A complexidade desse sistema, capaz de processar milhões de informações por minuto e de guardar memórias de toda uma vida, incluindo as emocionais, demanda um estudo envolvendo muitas frentes, com uma abordagem interdisciplinar. Aqui damos um passo inicial no conhecimento do sistema que organiza a rede de informações de que necessitamos para viver.

No primeiro item do capítulo, apresentamos a organização geral do sistema nervoso e das estruturas que o compõem, entre as quais se destaca o neurônio, célula nervosa responsável pela condução dos impulsos nervosos pelo corpo. No item seguinte, tratamos dos órgãos e estruturas sensoriais, popularmente chamados “órgãos dos sentidos”, responsáveis pela percepção tanto do ambiente externo como das condições internas de nosso corpo. Por fim, estudamos o sistema endócrino, que realiza a integração entre determinadas funções corporais por meio dos hormônios, mensageiros químicos que circulam no sangue e que ajustam diversos aspectos de nosso metabolismo. O estudo deste capítulo representa mais um passo rumo à compreensão de nós mesmos como seres vivos e como indivíduos históricos e sociais.

Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo

Na abertura do capítulo, reproduzimos parte do texto da dra. Silvia Helena Cardoso, que traça um panorama do estágio de desenvolvimento das chamadas “neurociências”. De acordo com o texto, o progresso tecnológico tem contribuído para o desenvolvimento desse ramo do conhecimento, mas a investigação sobre a relação entre cérebro e mente é contínua e está apenas começando.

Os assuntos relativos aos órgãos dos sentidos e aos hormônios são, por natureza, detalhados e extensos. Na obra, tentamos nos restringir às informações mínimas, porém necessárias, ainda que possam parecer excessivas. Recomendamos que o nível de detalhamento das informações seja definido com base em suas próprias metas e prioridades.

No final do item relativo ao sistema nervoso, há um quadro “Ciência e cidadania”, intitulado *Cuidados com a saúde do sistema nervoso*, que aborda assuntos relacionados à saúde e cita algumas doenças que podem afetar o sistema nervoso humano.

Ao abordar os assuntos relacionados aos órgãos dos sentidos, achamos oportuno falar sobre inclusão social, salientando que cada ser humano é único e merece ter seus direitos respeitados por todos. Uma sugestão é propor uma conversa sobre como a sociedade trata as pessoas com deficiências (locomotoras, dos sentidos ou mentais). Para contextualizar o assunto, é possível sugerir que os estudantes pesquisem como é o acesso ao mercado de trabalho para deficientes visuais. Comente que há leis que estabelecem cotas para as indústrias, garantindo que certo número de vagas seja preenchido por pessoas com deficiências. Proponha questões como: **1.** Por que ainda há dificuldades para um deficiente visual conseguir um emprego? Discuta com seus colegas alternativas para que essas dificuldades sejam superadas. **2.** O direito dos deficientes visuais à inclusão profissional tem respaldo na legislação? O que falta para que a lei seja cumprida com maior rigor?

Habilidades sugeridas

- Conhecer o sistema nervoso central e periférico, bem como seus respectivos componentes.
- Conhecer e compreender os princípios da transmissão do impulso nervoso nos neurônios e o mecanismo de sinapse.
- Conhecer os principais tipos de células sensoriais – quimiorreceptores, mecanorreceptores, fonorreceptores e fotorreceptores – e os órgãos em que ocorrem, como a boca, a pele, as orelhas e os olhos.
- Conhecer as principais glândulas endócrinas humanas e os respectivos hormônios.
- Conhecer algumas disfunções endócrinas: diabetes insípido, gigantismo, nanismo, hipertireoidismo, hipotireoidismo, cretinismo e diabetes melito.

Itens principais

- Sistema nervoso
- Os sentidos
- Sistema endócrino

Conceitos fundamentais

- Neurônios
- Axônio
- Dendritos
- Gliócitos
- Estrato mielínico
- Impulso nervoso
- Sinapse nervosa
- Encéfalo
- Cérebro
- Medula espinal
- Nervos
- Glânglios nervosos
- Nervos cranianos
- Nervos espinais
- SNP somático
- SNP autônomo
- Paladar
- Olfato
- Orelha
- Bulbo dos olhos
- Lente
- Retina
- Hormônios
- Glândulas endócrinas
- Hipófise
- Oxitocina
- Hormônio antidiurético
- Hormônios tróficos
- Somatotrofina
- Prolactina
- Tiroxina
- Calcitonina
- Paratormônio
- Insulina
- Glucagon
- Diabetes melito
- Adrenalina
- Cortisol

CAPÍTULO 12

Revestimento, suporte e movimento do corpo humano

A importância do assunto

Neste último capítulo do livro, estudamos os sistemas de revestimento, de sustentação esquelética e de movimentação do corpo humano. Com isso se completa o módulo 4, dedicado ao conhecimento dos aspectos básicos de nosso organismo. Embora cada sistema seja estudado separadamente, devemos ter em mente que os sistemas agem em conjunto, como se fossem uma grande equipe organizada em diversos níveis, das células ao organismo. Compreender o todo a partir dos elementos componentes requer muita reflexão e imaginação, para “remontar” aquilo que dissecamos em nossas análises de aprendizagem. Entretanto, esse desafio amplia nossos horizontes de conhecimento e ajuda a entender melhor a complexidade tipicamente humana.

Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo

Na abertura deste último capítulo da obra, enfatizamos o trabalho em equipe realizado por células, tecidos, órgãos e sistemas, que resulta na vida e na saúde de um ser humano. Estimule os estudantes a refletir sobre isso e a utilizar essas reflexões para avaliar abordagens médicas excessivamente pontuais, que não levam em conta o organismo como uma totalidade física, mental e emocional. Peça aos estudantes que pesquisem sobre acessibilidade, utilizando a escola como exemplo. Faça a seguinte reflexão com eles: a escola e outros ambientes que frequentamos estão prontos para receber pessoas com dificuldades de locomoção? Além da reflexão, essa atividade pode ajudar os estudantes a reconhecerem a função de estruturas comumente encontradas.

Na seção “Faça você mesmo!”, sugerimos uma atividade sobre o antagonismo muscular na produção de movimentos. Comente com os estudantes que os músculos conseguem puxar os ossos aos quais estão presos, mas não conseguem empurrá-los; por isso, o sistema muscular trabalha em antagonismo, possibilitando os diversos movimentos corporais.

Habilidades sugeridas

- Conhecer a estrutura e as funções da pele humana e das estruturas anexas à pele, como pelos, glândulas e unhas.
- Conhecer a estrutura e as funções básicas do sistema musculoesquelético humano.
- Conhecer a miofibrila, relacionando sua estrutura com sua função na contração muscular.
- Explicar a importância do antagonismo muscular na realização dos movimentos corporais.

Itens principais

- Estrutura e funções da pele humana
- Sistema esquelético humano
- Sistema muscular humano

Conceitos fundamentais

- Pele
- Epiderme
- Melanina
- Pelos
- Glândulas sebáceas
- Glândulas sudoríparas
- Unhas
- Derme
- Tecido ósseo
- Tecido cartilaginoso
- Tendões
- Ligamentos
- Esqueleto axial
- Esqueleto apendicular
- Coluna vertebral
- Caixa torácica
- Músculos
- Tecido muscular não estriado
- Tecido muscular estriado cardíaco
- Tecido muscular estriado esquelético
- Fibra muscular
- Miômero

Competências e habilidades do Enem relacionadas ao módulo 4

Competências

- Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular as ligadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.
- Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.
- Entender métodos e procedimentos próprios das Ciências Naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidades

- Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.
- Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.
- Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.
- Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.
- Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente.

Leituras complementares para o professor

Capítulo 10 – Nutrição, respiração, circulação e excreção

ANTUNES, L. C. M. Os micróbios e a obesidade. *Ciência Hoje*, v. 47, n. 280, p. 70-71, abr. 2011.

Sabe-se, há muito, da importância da participação dos microrganismos em diversos processos relacionados à vida humana. Atualmente, alterações nas populações de microrganismos intestinais têm sido associadas a distúrbios como a obesidade e o sobrepeso.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. *Guia alimentar para a população brasileira*. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

Guia lançado pelo Ministério da Saúde para orientar a adoção de uma alimentação saudável, com alternativas mais saudáveis a serem incluídas na dieta.

(Disponível em: <http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

FIORAVANTI, C. Os perigos do jejum. *Pesquisa Fapesp*, n. 187, p. 58-59, set. 2011.

Fazer jejum prolongado – e depois recuperar o tempo perdido – pode não ser saudável, como mostram os resultados de pesquisas feitas com ratos: ficar sem comer por muito tempo resulta em modificações importantes no organismo, como alteração no funcionamento da insulina, favorecendo o desenvolvimento de doenças como diabetes.

(Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2011/09/058-059-187.pdf> Acesso em: mar. 2016.)

PARKES, M. J. O limite da apneia. *Scientific American Brasil*, n. 120, p. 74-79, maio 2012.

A melhor explicação até o momento para o mecanismo envolvido no processo de suspensão da respiração é que o diafragma envia sinais ao cérebro, informando-o sobre o desconforto do músculo. O cérebro, então, força o retorno da respiração.

SIEMONS, H. S. Discriminações aos portadores do vírus da aids.

Texto que trata sobre discriminação aos portadores do vírus da aids e que pode auxiliar em atividades do capítulo sobre esse tema.

(Disponível em: <http://www.pge.sp.gov.br/centrodeestudos/revistaspge/revista2/artigo4.htm>. Acesso em: mar. 2016).

VIEIRA, C. L. Envenenando o cérebro? *Ciência Hoje*, v. 50, n. 297, p. 16-17, out. 2012.

Aparentemente, existe uma relação entre mal de Alzheimer e diabetes resultante da má nutrição. Ao nos alimentarmos de maneira inadequada, estaríamos elevando os níveis de insulina no organismo ao mesmo tempo que ela deixaria de desativar uma proteína que leva os neurônios à morte, desencadeando o quadro neurodegenerativo observado em portadores de Alzheimer.

Capítulo 11 – Integração e controle corporal

MOUTINHO, S. Pílulas cerebrais. *Ciência Hoje*, v. 50, n. 297, p. 52-53, out. 2012.

Medicamento usado para tratar a doença de Alzheimer, que atua sobre o hipocampo, foi testado em pacientes portadores da síndrome de Down, resultando em melhora nas funções cognitivas dos pacientes.

REZENDE, C. M. Há algo no ar: a Química e os perfumes. *Ciência Hoje*, v. 48, n. 283, p. 26-31, jul. 2011.

Após um breve histórico dos perfumes nas civilizações, o artigo revela o papel da Química na busca e no desenvolvimento de substâncias aromáticas, bem como sua relação com o sentido do olfato.

(Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2011/283/pdf_aberto/haalgonoar283.pdf> Acesso em: mar. 2016.)

Capítulo 12 – Revestimento, suporte e movimento do corpo humano

ERENO, D. Mimetismo ósseo. *Pesquisa Fapesp*, n. 191, p. 64-67, jan. 2012.

Biomateriais estão sendo desenvolvidos para implantes capazes de regenerar a camada óssea perdida, interagindo efetivamente com o osso e estimulando a regeneração celular.

(Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/01/064-067_191.pdf> Acesso em: mar. 2016.)

FARIAS, K. M. Dupla poderosa. *Ciência Hoje*, v. 47, n. 282, p. 52-53, jun. 2011.

O transplante de células-tronco aliado a exercícios tem sido eficaz na recuperação de movimentos em pacientes que sofreram determinados tipos de lesão.

HUTFLESZ, Y. Açaí na cabeça. *Ciência Hoje*, v. 50, n. 295, p. 67, ago. 2012.

Polímero desenvolvido a partir do bagaço do açaí pode ser uma alternativa à produção de próteses ósseas craniofaciais.

HUTFLESZ, Y. Tratamento de apoio. *Ciência Hoje*, v. 50, n. 295, p. 70, ago. 2012.

Estudo revela benefícios do uso da bengala no combate da artrose. Diminuição da dor – e, consequentemente, da utilização de medicamentos – e melhoria do gasto energético para a locomoção são alguns pontos considerados.

MOUTINHO, S. Gordura do bem. *Ciência Hoje*, v. 48, n. 283, p. 62-63, jul. 2011.

Células do tecido adiposo estão sendo utilizadas em terapia para tratar queimaduras, auxiliando no processo de cicatrização das lesões. Acredita-se, ainda, que as células de gordura possam se transformar em vários outros tipos de células.

(Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2011/283/gordura-do-bem>. Acesso em: mar. 2016.)

REDE MOBILIZADORES. Brasil ainda não tem nenhuma cidade plenamente acessível. 17 mar. 2015.

Entrevista feita com coordenadoras do Núcleo Pró-Acesso da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que explicam a aplicação da acessibilidade no Brasil e os desafios que essa tarefa apresenta.

(Disponível em: <http://www.mobilizadores.org.br/entrevistas/brasil-ainda-nao-tem-nenhuma-cidade-plenamente-acessivel/>. Acesso em: mar. 2016.)

7 Atividades complementares

1. Linha do tempo da classificação biológica

Há séculos cientistas vêm se empenhando em desenvolver meios para organizar a diversidade de seres vivos. A construção de uma linha do tempo incluindo propostas de classificação biológica de cientistas da Antiguidade até os dias atuais pode ajudar os estudantes a compreender como o sistema de classificação dos seres vivos em reinos foi construído ao longo do tempo.

Sugira aos estudantes que realizem pesquisas em livros, revistas e *sites* relacionados ao assunto para coletar dados como nome do cientista, suas ideias principais e proposta de classificação dos seres vivos. No *site* <http://midia.atp.usp.br/impressos/lic/modulo03/diversidade_biologica_filogenia_PLC0019/Bio_Filogenia_top01.pdf> (acesso em: mar. 2016), há informações detalhadas sobre a classificação dos seres vivos.

Além de indicar cronologicamente a evolução da classificação dos seres vivos, é importante esclarecer aos estudantes que esse assunto ainda não está encerrado e que estudos adicionais podem trazer novidades na forma de classificar os seres vivos.

Seguem alguns estudiosos que contribuíram para o desenvolvimento da taxonomia:

- Aristóteles (348-323 a.C.)
- Carl Richard Woese (1928-2012)
- Herbert F. Copeland (1902-1968)
- Ernst Haeckel (1834-1919)
- Karlene Schwartz (1936-)
- Carolus Linnaeus (1707-1778)
- Lynn Margulis (1938-2011)
- Teofrasto (372-287 a.C.)
- Robert H. Whittaker (1924-1980)

2. Pesquisa: A história dos antibióticos

Sugerimos uma pesquisa rápida sobre os antibióticos, dos quais o primeiro foi a penicilina, descoberta por Alexander Fleming (1881-1955) em 1929. Os objetivos principais dessa pesquisa seriam adquirir informações sobre os principais tipos de antibióticos atualmente em uso e a história de sua descoberta. Esse assunto pode ser pesquisado em grandes enciclopédias, revistas científicas, associações de Medicina e Farmácia, laboratórios e na internet.

3. Construção de modelos: Trabalhando com desenhos e modelos

Apesar de quase sempre faltar tempo para desenvolver os conteúdos conceituais, não se podem esquecer as atividades que motivam e promovem o desenvolvimento de atitudes e habilidades em relação ao estudo. Considere a possibilidade de realizar com os estudantes atividades que envolvam desenhar e criar modelos tridimensionais de vírus, de bactérias e de seus ciclos de vida. Trabalhos desse tipo desenvolvem a criatividade e demandam muito estudo e aplicação enquanto estão sendo feitos. Além disso, eles podem ficar expostos na classe e em murais ou serem filmados e postados no *blog* da escola, contribuindo para informar, recordar e criar um "clima" mais estimulante ao estudo.

4. Atividade prática: A fermentação biológica no pão

Além de conhecer um pouco melhor a atividade das leveduras, você aprenderá a fazer um saboroso pão caseiro. Basta seguir as instruções da receita.

⚠ **Atenção:** Lembre sempre aos estudantes sobre os cuidados necessários no caso de uso de fogo.

Receita básica de pão

Ingredientes

- 45 g de fermento biológico fresco ou 20 g de fermento biológico desidratado
- 1 kg de farinha de trigo
- 1 colher (de sopa) de sal
- 1 colher (de chá) de açúcar ou de mel
- cerca de 600 mL de água morna

Modo de fazer

Dissolva o fermento em uma xícara com água morna e junte a colher de açúcar ou de mel, que estimulará o desenvolvimento inicial dos levedos. Enquanto isso, peneire a farinha em uma tigela grande e acrescente o sal, misturando bem. Note que, em cerca de 10 ou 15 minutos, dependendo da temperatura do ambiente, o fermento já estará inflado de bolhas de gás carbônico, sinal de que os levedos entraram em atividade.

Coloque o fermento em uma cova feita no centro da farinha com sal e misture aos poucos, juntando água morna devagar, até conseguir uma massa que não grude nas mãos. Polvilhe um pouco de farinha sobre uma superfície (pia, tábua, mesa etc.) e transfira a massa para ela, amassando vigorosamente durante 5 a 10 minutos. Faça então uma bola grande com a massa, coloque-a novamente na tigela previamente polvilhada com farinha de trigo e cubra com um guardanapo de pano. Você pode até mesmo embrulhar a tigela com um cobertor para conservar o calor e estimular a atividade dos levedos. Deixe a massa descansar por aproximadamente 1 hora. Ela deverá crescer até dobrar de tamanho, para que o pão fique bem macio.

Para descobrir o momento em que a fermentação atingiu o ponto certo, alguns padeiros fazem o teste da flutuação da bolinha de massa. Ele consiste em preparar uma bolinha pequena de massa e colocá-la em um copo com água morna. No princípio, a bolinha afunda, mas, à medida que a massa vai fermentando, ela vai inchando de gás carbônico e acabará por flutuar. Quando a bolinha de massa boiar na água do copo, é sinal de que a fermentação chegou no ponto certo, com bolhas de gás suficientes para que o pão fique macio.

Confira o crescimento da massa. Para fazer pães muito bem fermentados, pode-se amassar e deixar crescer a massa diversas vezes (de 2 a 4) com intervalos de 20 minutos. Experimente comparar o pão amassado diversas vezes com aquele feito com um único crescimento. Divida a massa para fazer os pães. Ponha em uma assadeira polvilhada com farinha e deixe descansar por mais 15 minutos. Leve ao forno previamente aquecido a cerca de 180 °C, deixando assar por cerca de 45 minutos a 1 hora ou até dourar. Caso o aluno não tenha conhecimento de como utilizar o forno, oriente-o a pedir ajuda a um adulto.

5. Atividade de laboratório: Constatando a atividade dos levedos

O objetivo desta atividade é constatar a fermentação realizada pelas leveduras que constituem o fermento biológico. O gás carbônico liberado durante a fermentação infla balões de borracha (bexigas) e mostra em qual dos frascos experimentais os levedos estão ativos.

Atenção: Os procedimentos devem ser executados pelo(a) professor(a), devido a risco de queimadura.

Material

- 5 tubos de ensaio (ou frascos pequenos de refrigerante)
- 5 balões de borracha ("bexigas")
- barbante ou elástico
- 1 tablete de fermento biológico fresco
- água com açúcar
- etiquetas para identificar os tubos

Procedimento

Dissolva o fermento em um pouco de água, de preferência filtrada. No primeiro tubo de ensaio, coloque apenas água; no segundo, coloque apenas água com açúcar; no terceiro, coloque água com o fermento dissolvido; no quarto e no quinto tubos, coloque água com açúcar e o fermento dissolvido; a seguir, ferva durante alguns minutos o conteúdo do quinto tubo. Etiquete os tubos de acordo com seus conteúdos e ajuste uma bexiga na boca de cada tubo, amarrando-a firmemente com barbante ou elástico. Deixe o conjunto por algumas horas em um ambiente relativamente aquecido e observe o que acontece com as bexigas. O que se espera é que apenas a bexiga do tubo 4 tenha se inflado devido à liberação de gás carbônico pelos levedos. Os tubos 1 e 2 servem de controle para nos certificarmos de que nem a água pura nem a água com açúcar, por si sós, liberam gás. O tubo 3 também tem função de controle, mostrando que é necessário fornecer açúcar aos levedos para que eles façam fermentação. O tubo 5, previamente fervido para matar os levedos, mostra que eles precisam estar vivos para produzir gás carbônico.

Após a montagem da experiência, estimule os estudantes a antecipar os resultados. Discuta com eles o papel dos tubos usados como controle experimental e comente as diferenças entre os tubos 4 e 5. Explique aos estudantes a diferença entre o fermento biológico, no qual é a atividade fermentativa dos levedos que produz gás carbônico, e o fermento químico em pó, que produz gás carbônico por meio de uma reação química estimulada pelo calor do forno. Peça aos estudantes que elaborem um pequeno relatório sobre a experiência, contemplando os seguintes itens: a) objetivos da atividade; b) desenho esquemático da montagem da experiência, que represente os frascos, seu conteúdo e as bexigas antes e depois dos resultados, com as legendas necessárias; c) resultados e conclusões, isto é, aquilo que foi observado e as conclusões a que chegaram pela interpretação dos resultados.

6. Atividade prática: Observando plantas no ambiente natural

Leve os estudantes, em uma excursão monitorada, aos arredores da escola ou a algum parque com vegetação. Oriente-os a observar primeiramente as plantas mais evidentes, como árvores, arbustos, plantas herbáceas etc. Estimule-os, então, a procurar plantas em locais sombreados e úmidos, embaixo de rochas e de troncos caídos, onde podem ser encontradas briófitas, como musgos, e eventualmente hepáticas e prótalos de pteridófitas. Solicite aos estudantes que observem cuidadosamente cada planta em seu ambiente natural.

> **Atenção:** Oriente os estudantes a utilizar luvas de jardinagem. Rochas e troncos caídos podem ser esconderijos de muitos animais, alguns peçonhentos.

Oriente os estudantes para que não deixem no local nada do que levaram e também que não retirem nada: "Leve apenas lembranças e fotografias; deixe somente pegadas".

7. Atividade prática: Construindo um terrário de briófitas

É fácil preparar e manter um terrário de briófitas em sala de aula usando um aquário ou mesmo um recipiente grande de plástico transparente, desses usados para guardar mantimentos. Forre a base do recipiente com uma camada de terra bem úmida, sobre a qual devem ser colocadas as briófitas coletadas. Para coletar briófitas, utilize uma espátula, retirando a planta juntamente com a terra (ou outro substrato) sobre a qual ela cresce. Cubra o recipiente com vidro ou plástico para evitar o ressecamento, mas deixe uma pequena fresta para permitir a livre troca de ar com o ambiente. Mantenha o terrário sempre bem úmido, pulverizando-o regularmente com água.

Oriente os estudantes a observar a estrutura dos gametófitos e dos esporófitos, que variam nos diversos grupos de briófitas. Os alunos poderão, também, pesquisar ilustrações de briófitas e comparar com os exemplares coletados. Como fonte de pesquisa, podem-se utilizar o próprio Livro do Aluno, livros especializados e, caso haja condições, a internet, em que há *sites* interessantes sobre plantas.

8. Atividade de laboratório: Observando esporângios de pteridófitas

Samambaias e avencas são plantas fáceis de obter e de manter no laboratório ou em sala de aula e podem ser usadas para uma análise detalhada do ciclo de vida das plantas vasculares sem sementes.

Solicite aos estudantes que examinem um esporófito de samambaia, identificando suas partes principais: folhas, rizoma e raízes. Chame a atenção para as nervuras dos folíolos, reforçando o conceito de que essas plantas são vasculares (as nervuras foliares são feixes condutores de seiva). Localize, na face inferior de certas folhas, estruturas cor de ferrugem, os **soros**, em que se localizam os esporângios produtores de esporos. Procure observá-los com uma lupa.

> **Atenção:** Esta parte da atividade deve ser realizada pelo(a) professor(a) e observada pela classe, evitando, assim, risco à integridade física dos estudantes.

Com um microscópio de qualidade razoável, podem-se observar esporos. Coloque uma gota de água sobre uma lâmina de microscopia e, com o auxílio de um bisturi, raspe um soro sobre a lâmina.

Coloque uma lamínula sobre a preparação e observe ao microscópio os esporângios e os esporos. Oriente os estudantes a comparar as estruturas observadas com os esquemas e desenhos do Livro do Aluno.

9. Atividade de laboratório: Cultivando gametófitos em um terrário

Construa um terrário com uma caixa plástica ou com a base de uma garrafa plástica cortada. Cubra a base do recipiente com uma fina camada de terra úmida (cerca de 1 a 2 cm) e sobre ela coloque pedaços de xaxim umedecidos (deixe o xaxim por uma noite em água e esprema-o bem antes de colocá-lo na garrafa). Com o auxílio de um estilete, raspe os soros de uma folha de samambaia ou de avenca sobre o xaxim úmido.

Cubra o terrário com uma placa de vidro ou de plástico e conserve-o em local iluminado com luz indireta. Pulverize regularmente o interior do terrário com água, de modo a mantê-lo sempre úmido.

Após algumas semanas devem surgir pequenas plantinhas verdes, em forma de coração, crescendo sobre o xaxim. São os prótalos, originados, cada um, de um esporo da pteridófita que germinou. Solicite aos estudantes que observem os prótalos com uma lupa. Caso disponha de microscópios, coloque um prótalo sobre uma lâmina de microscopia com uma gota de água e cubra com a lamínula. Observe no menor aumento do microscópio. Peça aos estudantes que localizem os rizoides e, se a preparação permitir, que encontrem também anterídeos e arquegônios.

Se deixar os prótalos prosseguirem seu desenvolvimento, será possível observar pequenas plantinhas eretas crescendo sobre eles. São os esporófitos diploides, resultantes de fecundação da oosfera pelos anterozoides produzidos pelo gametófito. Oriente os estudantes a comparar o observado com os esquemas e as descrições apresentados no Livro do Aluno e com outras ilustrações disponíveis. Peça que, após a realização da atividade, os estudantes transfiram as plantas para um vaso ou jardim.

10. Atividade de laboratório: Germinação do grão de pólen e formação do tubo polínico

Uma atividade interessante, mas que demanda microscópios de razoável qualidade, é a observação da germinação do grão de pólen e a formação do tubo polínico. O grão de pólen germina quando cai sobre o estigma de uma flor compatível com ele, formando o tubo polínico. Este penetra pelo estilete e atinge o óvulo no ovário. Grãos de pólen podem ser estimulados a germinar em uma solução de sacarose (açúcar de cana) colocada sobre uma lâmina de microscopia.

Pode-se preparar uma câmara para a germinação do grão de pólen na lâmina, colando nela um anel de plástico (por exemplo, uma fatia fina de um tubo plástico).

Atenção: Esta parte da atividade deve ser realizada pelo(a) professor(a), evitando, assim, risco à integridade física dos estudantes.

A colagem pode ser feita com cola plástica quente ou com cola de silicone. Prepara-se, então, uma solução contendo 1% de ágar e 10% de açúcar, a qual deve ser aquecida até a fervura para a completa dissolução do ágar. Um pouco dessa solução, ainda quente, deve ser colocada no anel de plástico aderido à lâmina, de modo a formar uma fina camada. Após o resfriamento e a solidificação do ágar, deve-se esfregar um estame com uma antera bem madura sobre a superfície do ágar, de modo a deixar ali os grãos de pólen. A preparação deve ser mantida durante algum tempo (cerca de uma hora, pelo menos) em uma câmara úmida, como uma caixa plástica forrada com papel embebido em água. Se tudo der certo, os estudantes poderão observar a formação de tubos polínicos dos grãos de pólen.

11. Atividade de laboratório: Observando sementes

Obtenha diversos tipos de semente (de feijão, de grão-de-bico, de mamona, de milho etc.) e coloque-os em um recipiente forrado com papel absorvente umedecido.

No dia seguinte, oriente os estudantes a retirar cuidadosamente as cascas de algumas sementes de feijão e de grão-de-bico. Os cotilédones devem ser separados e os embriões, removidos e colocados sobre um papel absorvente umedecido, para observação com uma lupa. Solicite aos estudantes que desenhem os embriões e identifiquem suas partes, com base em ilustrações do Livro do Aluno ou em outras fontes.

Atenção: Esta parte da atividade deve ser realizada pelo(a) professor(a), evitando, assim, risco à integridade física dos estudantes.

As sementes de mamona devem ser cortadas com um estilete ao longo do comprimento e da face mais larga.

Os cotilédones da mamona são finos e delicados, sem reservas nutritivas acumuladas como no feijão e no grão-de-bico. Pingue uma gota de solução de iodo sobre a semente cortada; as regiões que não se tornarem negro-azuladas correspondem ao embrião (essa coloração resulta da reação química do iodo com o amido armazenado no endosperma).

Solicite aos estudantes que façam desenhos do embrião de mamona e de seus cotilédones e que os comparem com o desenho do embrião de feijão.

Chame a atenção dos estudantes para o fato de o grão de milho ser, ao mesmo tempo, uma semente e um fruto, ou, no dizer dos botânicos, fruto e semente “concrescidos”. A parte correspondente ao fruto é apenas a fina camada que reveste o grão de milho. Coloque o grão sobre um pedaço de papel, com a parte oval esbranquiçada voltada para cima, e corte-o em duas metades ao longo do comprimento com um estilete.

Pingue uma gota de solução de iodo sobre as partes cortadas; as regiões que não se corarem correspondem ao embrião. Solicite aos estudantes que façam desenhos dos embriões e identifiquem suas partes, com base em ilustrações do Livro do Aluno e em outras fontes.

Uma atividade adicional interessante é acompanhar o desenvolvimento dos embriões pela observação diária de grupos de sementes postas para germinar ao mesmo tempo. Podem-se, por exemplo, analisar entre 5 e 10 sementes diariamente, medindo o comprimento de cada embrião e fazendo a média dos indivíduos. Com os dados obtidos, pode-se construir um gráfico do crescimento dos embriões ao longo do período analisado.

12. Atividade de laboratório: Observando raízes

Morfologia externa e interna de raízes

Coloque grãos de milho e/ou de feijão para germinar sobre algodão, papel absorvente ou mesmo areia previamente embebidos em água. Oriente os estudantes a acompanhar e anotar todas as mudanças das sementes durante a germinação. A raiz é o primeiro órgão a surgir. Peça aos estudantes que a observem com uma lupa, localizando a coifa e a zona dos pelos absorventes (zona pilífera).

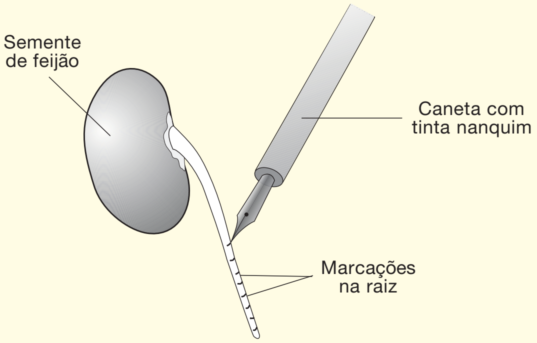
Atenção: Esta parte da atividade deve ser realizada pelo(a) professor(a), evitando, assim, risco à integridade física dos estudantes

Se tiver condições de realizar observações microscópicas, espere que as raízes atinjam alguns centímetros de comprimento e corte-as transversalmente, a cerca de três centímetros da extremidade. Para obter cortes satisfatórios, coloque a raiz entre dois pedaços de cortiça ou de isopor e corte-os com um bisturi; quanto mais finas as fatias, melhor será a qualidade da preparação.

Com um pincel macio e previamente molhado, apanhe cuidadosamente a melhor fatia obtida e coloque-a em uma gota de água, em uma lâmina de microscopia; cubra a preparação com uma lamínula. Observe ao microscópio, inicialmente em menor aumento, para ter uma visão geral do corte. Sugira aos estudantes que façam tanto esboços realistas como esquemas simplificados do corte de raiz observado, antes de passar para o aumento maior. Peça que identifiquem os principais tecidos com base nas ilustrações do Livro do Aluno. Explique as diferenças do material observado a fresco com as preparações fotografadas, que passaram por técnicas de fixação, corte ao micrótomo e coloração com diversos corantes para evidenciar os diferentes tecidos. Caso disponha de lâminas permanentes de cortes de raiz ou tenha condições de adquiri-las no comércio de materiais didáticos, mostre-as aos estudantes depois das observações a fresco.

Identificando a zona de crescimento de raízes

Coloque sementes de feijão ou grãos de milho para germinar sobre algodão ou papel absorvente previamente umedecidos. Espere até que as raízes atinjam cerca de 3 cm de comprimento. Enxugue uma raiz com cuidado e meça-a com uma régua. Marque divisões regulares na raiz (a cada 1 ou 2 mm, por exemplo) desde a extremidade com tinta nanquim ou com uma caneta usada para escrever em transparências. Após a secagem da tinta, retorne as sementes para a superfície úmida, na qual elas devem permanecer para que as raízes continuem a crescer. Oriente os estudantes a observar cuidadosamente o espaçamento entre as marcas das raízes nos dias seguintes à marcação. A região em que ocorreu o maior distanciamento entre as marcas de tinta corresponde à zona de alongamento celular (ou de elongação) da raiz.



ADILSON SECCO

Representação esquemática do experimento. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si.)

13. Atividade de laboratório: Observando caules e folhas

Se possível, leve os estudantes para coletar ramos de plantas. Oriente-os para que não danifiquem as plantas das quais os ramos forem retirados. Peça a eles que identifiquem a gema apical do caule e as gemas axilares, estas últimas localizadas acima dos pontos de inserção das folhas (axilas foliares). Se for o caso, utilize as extremidades dos caules para obter cortes transversais para observação ao microscópio.

Oriente os estudantes a identificar as partes das folhas: limbo, pecíolo, bainha e estípulas (lembre-se de que nem toda folha possui todas essas partes). Podem-se fazer cortes transversais de folhas para observação microscópica nos moldes sugeridos para raiz.

Nesse caso, chame a atenção para o parênquima clorofiliano da folha, com suas células ricas em cloroplastos. Solicite aos estudantes desenhos realistas e esquemáticos do que foi observado.

Com o auxílio de uma pinça de ponta fina, é possível destacar pedaços da epiderme inferior de folhas para a observação de estômatos ao microscópio. Dobre uma folha de modo a quebrá-la e destaque um pedaço de epiderme com a pinça, colocando-o em uma gota de água, em uma lâmina de microscopia; cubra com a lamínula. Utilize inicialmente o menor aumento do microscópio para localizar estômatos. Passe para o aumento maior e peça aos estudantes que observem a forma típica das células estomáticas, as únicas da epiderme em que há cloroplastos. Solicite desenhos realistas e esquemáticos dos estômatos e peça aos estudantes que os comparem com as ilustrações do Livro do Aluno.

14. Atividade de laboratório: Observando o consumo de gás carbônico na fotossíntese

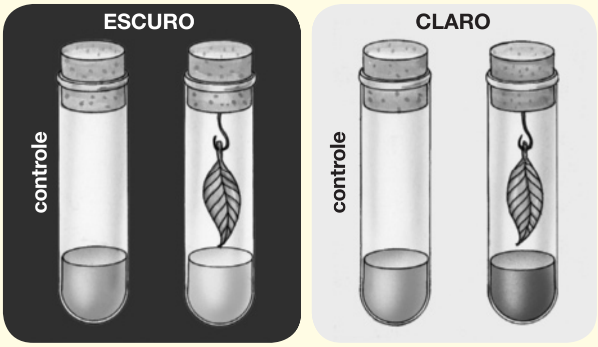
Pode-se demonstrar que há consumo de gás carbônico durante a fotossíntese utilizando folhas recém-retiradas de uma planta e uma solução de vermelho de cresol, indicadora de pH. A solução de vermelho de cresol tem coloração rósea em pH neutro, amarela em pH ácido e roxa em pH básico. O pH da solução varia de acordo com a concentração de CO_2 dissolvido, isso porque esse gás reage com a água, produzindo ácido carbônico (H_2CO_3).

$$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$$

Altas concentrações de CO_2 tornam o pH da solução ácido (amarela); em baixas concentrações de CO_2, o pH da solução é básico (roxa).

Certa quantidade da solução de vermelho de cresol é colocada em tubos de vidro. As folhas são presas às rolhas de metade dos tubos de modo que fiquem suspensas, sem tocar a solução de vermelho de cresol; a outra metade dos tubos não recebe folhas.

Alguns dos tubos das duas montagens (com e sem folha) são colocados em uma caixa à prova de luz ou envoltos por completo por papel-alumínio, enquanto outros são deixados expostos à luminosidade. Algumas horas após o início do experimento, a solução dos tubos com folha expostos à luz estará roxa, indicando elevação do pH, causada pelo consumo de CO_2 na fotossíntese. A solução dos tubos-controle correspondentes (sem folha) não se altera. A solução dos tubos com folha mantidos no escuro estará amarela, indicando diminuição do pH, provocada pelo aumento de CO_2 produzido pela respiração. A solução dos tubos-controle correspondentes (sem folha) não se altera. As plantas respiram tanto no ambiente iluminado quanto no escuro. No ambiente iluminado, porém, todo o gás carbônico liberado na respiração é utilizado na fotossíntese.



ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Representação esquemática da montagem do experimento que demonstra o consumo de gás carbônico na fotossíntese. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si.)

15. Atividade de laboratório: Observando esponjas vivas

Se você leciona em cidades praianas ou se tem condições de fazer uma excursão monitorada ou de manter um aquário de água salgada no laboratório ou em sala de aula, poderá utilizar esponjas vivas em suas atividades práticas com os estudantes. Oriente para que a coleta seja de um pequeno fragmento da esponja para observação da classe toda. Com uma lupa, pode-se observar a superfície do corpo de esponjas e identificar os poros. Se a escola tiver microscópios de qualidade razoável, sugira aos estudantes que observem a pequena porção da esponja e a coloquem sobre uma lâmina de vidro para microscopia com uma pequena gota de água. Dissocie o fragmento com estiletes, de modo a separar suas células e elementos esqueléticos. Depois de cobrir a preparação com uma lamínula, será possível visualizar as espículas, ou fibras esqueléticas entrelaçadas. Pode ser possível, em boas preparações, identificar coanócitos e porócitos. Solicite aos estudantes que desenhem o que observaram e que comparem seus desenhos com as ilustrações do Livro do Aluno.

16. Atividade prática: Esponjas naturais para banho

O esqueleto macio e flexível de certas esponjas naturais faz delas produtos muito apreciados desde a Antiguidade. Conta-se que os romanos ricos embebiam esponjas naturais em vinho e, em seguida, espremiam-nas na boca, como uma forma “chique” de tomar a bebida. As esponjas naturais são excelentes para o banho, mas foram quase totalmente substituídas pelas esponjas sintéticas, principalmente em razão do preço elevado do produto natural. Embora cada vez mais raras, as esponjas naturais ainda podem ser encontradas no comércio, em casas especializadas. Sugerimos, no caso de sua escola possuir conexão à internet, encaminhar uma pesquisa em *sites* nacionais com o tema “esponjas naturais”. Se contar com o apoio da disciplina de Inglês, talvez seja interessante encaminhar uma pesquisa em *sites* estrangeiros, com maiores chances de obter informações sobre esponjas e outros animais marinhos. No caso de obter uma esponja marinha das usadas para banho, peça que os estudantes a comparem com esponjas sintéticas que imitam esponjas naturais. Se dispuser de lupas manuais ou de microscópios, observe as fibras que formam o esqueleto da esponja, constituído por uma proteína elástica e resistente que os biólogos denominaram espongina.

17. Atividade prática: Observando cnidários marinhos

A diversidade e o comportamento de diversos cnidários (águas-vivas, anêmonas e corais) são frequentemente mostrados em filmes e vídeos. Tente obter filmes desses animais e mostre-os aos estudantes. Encaminhe uma discussão sobre os organismos mostrados nos filmes, abordando aspectos como o tipo de locomoção, o modo de alimentação, o hábitat em que vivem e o que mais for possível.

Uma excursão monitorada ao litoral, com o objetivo de observar organismos marinhos, pode ser muito produtiva e motivadora, desde que bem programada. Devem-se procurar organismos incrustantes, que recobrem objetos submersos, em costas rochosas cobertas pelas marés. Oriente os estudantes para que apenas observem os organismos, sem tocá-los.

18. Atividade de laboratório: Observando a hidra de água doce

As hidras de água doce constituem um excelente material para a observação de cnidários, embora nem sempre seja fácil obtê-las. Elas podem ser encontradas em lagoas de água limpa e em riachos sem correnteza, aderidas a plantas aquáticas e a objetos submersos. Colete plantas aquáticas tomando cuidado para que seja apenas o suficiente para a atividade, com água do local, e coloque-as em um recipiente de plástico branco. Se colocar o recipiente em local bem ensolarado, em algumas horas as hidras se desprendem das plantas em que se fixavam e podem ser vistas, como pequenos pontos marrons ou verdes, no fundo do recipiente ou flutuando na superfície. Colete as hidras com uma pipeta e transfira-as para um recipiente de vidro ou de plástico contendo água do local da coleta, além de algumas plantas aquáticas, como elódea. O recipiente deve ser mantido à temperatura ambiente, sob luz difusa, e coberto com uma placa de vidro para reduzir a evaporação. Nessas condições, as hidras sobrevivem por algumas semanas sem alimentação especial ou outros cuidados.

Utilize um conta-gotas ou pipeta para transferir a hidra e um pouco da água para uma lâmina escavada de microscopia (encontrada no comércio especializado). Pode-se também confeccionar uma lâmina semelhante colando um anel de plástico (por exemplo, uma fatia fina de mangueira) em uma lâmina comum de microscopia. A colagem pode ser feita com cola de plástico quente ou com cola de silicone. A transferência da hidra para a lâmina deve ser feita rapidamente para evitar que o animal prenda-se à superfície interna da pipeta.

Devido ao seu pequeno tamanho, as hidras são bem observadas apenas com uma lupa poderosa ou ao microscópio, com pequeno aumento (40×). Oriente os estudantes a desenhar e a escrever um pequeno relatório sobre suas observações.

Após a observação, devolva as hidras ao local de origem.

19. Atividade de laboratório: Coleta e observação de planárias de água doce

Planárias de água doce podem ser facilmente coletadas em lagoas e riachos de águas limpas, onde vivem escondidas sob pedras, troncos e folhas submersos. Uma pista para a presença de planárias é a existência de desovas de caramujos, que são pequenas massas gelatinosas grudadas embaixo das folhas de plantas aquáticas. Uma maneira fácil de coletar planárias é amarrar um pedaço de fígado bovino fresco em um barbante e mergulhá-lo no fundo da lagoa. Com sorte, depois de uma hora ou mais, podem-se achar planárias (elas medem entre 1 e 2 cm de comprimento) alimentando-se do fígado. Solte os animais do fígado com delicadeza usando um pincel fino. As planárias podem ser mantidas por longos períodos de tempo em recipientes contendo água e pedrinhas trazidas do local da coleta para servirem de abrigo. Alimente as planárias a cada três ou quatro dias com pequenos pedaços de fígado fresco, ou mesmo com pedacinhos de carne. O recipiente deve permanecer coberto para diminuir a evaporação.

Sugira aos estudantes que transfiram as planárias para uma placa de Petri com água do local da coleta e observem-nas sob luz forte e com ajuda de uma lupa. Oriente-os a colocar alimento na placa, de modo a observar como o animal se alimenta. Peça aos estudantes que desenhem as planárias de diferentes ângulos e que anotem suas observações sobre a estrutura e o comportamento dos animais.

Após a observação, devolva as planárias ao local de origem.

20. Atividade de laboratório: Coleta e observação de nematódeos

Nematódeos de pequeno tamanho são abundantes no solo e podem ser facilmente coletados e observados ao microscópio. Uma maneira fácil de coletá-los é colocar um punhado de solo fértil sobre um pedaço de meia de náilon fina ou de gaze, juntando e amarrando as pontas de modo a formar uma pequena “trouxa”. Coloque a trouxa de terra em um funil que tenha um tubo de borracha flexível, com cerca de 10 cm de comprimento, adaptado ao seu bico. Feche a extremidade do tubo com uma pinça e encha o funil de água até a trouxinha de terra ficar totalmente submersa. Após cerca de 24 horas, abra a pinça e libere um pouco da água acumulada em um copo. Com um conta-gotas ou uma pipeta, aspire um pouco do líquido do funil e coloque-o sobre uma lâmina de microscopia, cobrindo-o com uma lamínula. Leve ao microscópio e observe sob pequeno aumento. Quase sempre é possível encontrar pequenos nematódeos contorcendo-se freneticamente.

Prepare, com pelo menos um dia de antecedência, uma solução de corante vital à base de azul de metileno (0,1 g) dissolvido em 10 mL de álcool a 95%. Adicione, a seguir, cerca de 30 mL de água destilada e deixe a solução em repouso por, no mínimo, 24 horas antes de usá-la.

Atenção: Lembrar que a solução alcoólica de azul de metileno é tóxica e não deve ser ingerida.

Com o auxílio de uma pipeta, coloque uma gota da solução de corante junto a uma das bordas da lamínula, na preparação com os nematódeos. Encoste, na borda oposta da lamínula, um pedaço de papel absorvente, o que permitirá que o corante entre rapidamente sob a lamínula. Observe a preparação, agora corada, ao microscópio. Peça aos estudantes que comparem suas observações em lâminas coradas e não coradas.

21. Atividade de laboratório: Coleta e observação de moluscos

Moluscos aquáticos são fáceis de obter e de manter em aquário; praticamente toda lagoa e córrego são habitados por esses animais. No entanto, deve-se ter cuidado especial com os planorbídeos, que são hospedeiros do esquistossomo. Evite utilizar esses moluscos em demonstrações escolares.

As desovas de muitos gastrópodes aquáticos são massas gelatinosas transparentes dentro das quais ficam os ovos, que são desprovidos de casca. As desovas são geralmente colocadas sobre as plantas aquáticas ou na parede do aquário. Se colocarmos pedaços de plástico transparente no aquário, os caramujos os usarão para desovar, o que facilita a coleta e a observação. As desovas podem ser transferidas para lâminas escavadas ou placas de Petri e constituem excelente material para observação do início do desenvolvimento embrionário animal.

Moluscos terrestres também podem ser coletados com certa facilidade; não é difícil encontrar um pequeno caracol de jardim e mantê-lo em um recipiente com terra e plantas. Lesmas podem ser coletadas à noite, em jardins úmidos, quando saem dos abrigos para se alimentar.

Oriente para que, após as observações, os animais coletados sejam devolvidos ao local de origem.

22. Atividade de laboratório: Dissecando um mexilhão

Um molusco facilmente encontrado em feiras livres e peixarias é o mexilhão, um bivalve de cor marrom-escura e que se fixa, por filamentos grossos e resistentes, a objetos submersos. A dissecação do mexilhão é relativamente simples e permite observar diversas estruturas dos moluscos.

Atenção: Esta parte da atividade deve ser realizada pelo(a) professor(a), evitando, assim, risco à integridade física dos estudantes.

Entreabra as conchas do mexilhão e introduza uma lâmina pequena (como uma faca ou canivete) junto a uma das valvas da concha. Corte o músculo que mantém a concha fechada e remova uma das valvas. Pode-se ver o manto, que recobre todo o corpo do molusco. Internamente ao manto, encontra-se a massa visceral, onde se localizam os órgãos internos. É fácil observar o pé reduzido, em forma de uma pequena cunha marrom-escura, onde são produzidos os filamentos que ancoram o mexilhão a objetos submersos. Podem-se ver, também, as brânquias e os palpos labiais, estruturas carnosas e delicadas que rodeiam a boca. Como nos demais bivalves, a cabeça é praticamente inexistente nos mexilhões.

Nas páginas para reproduzir, apresentamos uma ilustração que pode servir de guia durante a dissecação do mexilhão. Faça fotocópias dessa página e distribua-as aos estudantes. Oriente-os durante a dissecação e peça que identifiquem, no animal, as estruturas indicadas no esquema. Estimule os estudantes a desenhar o mexilhão externa e internamente. Peça que escrevam um pequeno relatório com suas observações e desenhos.

23. Atividade de laboratório: Coleta e observação de anelídeos

Minhocas são facilmente encontradas em qualquer jardim ou onde haja terra “fofa” e rica em matéria orgânica. No Brasil, é comum a espécie *Pheretima hawayana*, popularmente conhecida como “minhoca-louca”, devido às suas frenéticas contorções ao ser perturbada.

Coloque a minhoca em uma bandeja de plástico forrada com papel toalha umedecido. Cuide para que o animal não seque, umedecendo-o quando necessário. Se a epiderme da minhoca secar, ela morrerá asfixiada, uma vez que sua respiração é cutânea. Oriente os estudantes a observar o animal detalhadamente, distinguindo suas regiões anterior e posterior, dorsal e ventral. Peça que localizem a boca, o ânus e o clitelo. Àqueles que se dispuserem a manipular o animal, sugira que percorram longitudinalmente a minhoca com os dedos, para sentir a aspereza das cerdas corporais.

Oriente para que as minhocas observadas sejam devolvidas ao local de origem.

As minhocas são organismos importantes para a fertilidade do solo. Atualmente, é possível comprar adubo preparado à base de húmus (dejetos) de minhoca na maioria das lojas de produtos de jardinagem. Pode-se encaminhar uma pesquisa sobre o processo de fabricação do húmus de minhoca e sobre as vantagens de utilizá-lo. Estimule os estudantes a pesquisar não apenas em livros de texto, mas também em revistas agrícolas e em outras publicações do gênero. É interessante, também, entrevistar jardineiros, agricultores, agrônomos etc., de modo a confrontar informações “práticas” obtidas com eles com as informações “teóricas”. Uma etapa importante do trabalho será a redação de um pequeno texto sobre o assunto, nos moldes de um artigo de divulgação científica, e que pode até mesmo ser publicado no jornal ou no *blog* da escola.

24. Atividade prática: Observando o comportamento de um peixe ósseo

Esta atividade tem por objetivo desenvolver a capacidade de observação dos estudantes. Eles deverão analisar e descrever o comportamento de um peixe de aquário e medir sua atividade respiratória.

Procedimento

1. Encha um recipiente de vidro ou de plástico transparente de tamanho adequado com água de aquário e transfira o peixe para seu interior. Solicite aos estudantes que observem os movimentos do corpo, das nadadeiras e da cauda do peixe durante a natação. Eles devem observar também os movimentos da boca e dos opérculos. Peça que escrevam resumidamente suas observações.
2. Peça aos estudantes que anotem, com o auxílio de um cronômetro, o número de vezes que o peixe abre o opérculo para exalar a água da boca (movimento respiratório) ao longo de um minuto. A contagem deve ser repetida cerca de três ou quatro vezes. Discuta com os estudantes a importância de se realizarem várias contagens.

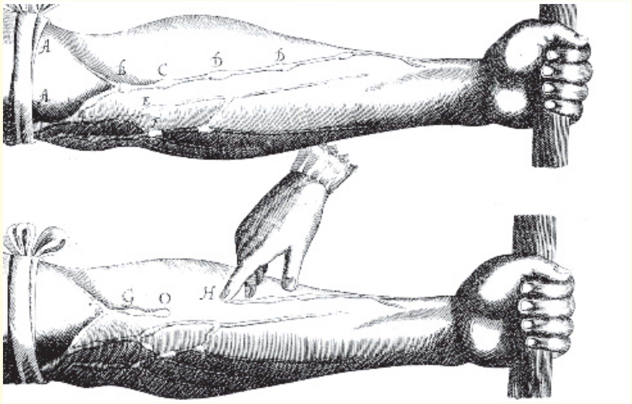
Oriente para que o peixe observado seja devolvido, cuidadosamente, ao aquário de origem.

25. Construção de modelos: Trabalhando com modelos e representações dos órgãos do corpo humano

Trabalhar com modelos dos órgãos do corpo humano é importante para concretizar os conhecimentos e formar uma imagem mental mais realista da tridimensionalidade dos órgãos internos. Se trabalharmos apenas com desenhos e esquemas, os estudantes podem ter dificuldades para visualizar a posição de alguns órgãos e perceber relações anatômicas importantes. No mercado especializado, há diversos tipos de modelos de corpo humano, fabricados em diferentes materiais. Além dos modelos já prontos, também é possível elaborar seus próprios modelos usando, para isso, materiais como argila, massa de modelar, papel machê etc. Se houver em sua escola a disciplina Arte, tente realizar um projeto integrado com a Biologia para representar os órgãos e os sistemas do corpo humano. Essa atividade também pode ser proposta aos estudantes, desafiando-os a encontrar soluções criativas para representar os órgãos e os sistemas estudados.

26. Atividade prática: Observando válvulas nas veias do antebraço

Nesta atividade, o objetivo é constatar a existência de válvulas no interior das veias do antebraço, reproduzindo a demonstração descrita pelo médico inglês William Harvey (1568-1657) em seu livro *De motu cordis*, de 1628, sobre a circulação do sangue. A seguir, reproduzimos os desenhos feitos pelo próprio Harvey, que servem de guia para esta atividade.


THE UNIVERSITY OF EDINBURGH

Reprodução dos desenhos de William Harvey.

Observe a faixa de tecido amarrada na região do bíceps, que os médicos denominam “garrote”. A função do garrote é bloquear o retorno do sangue para o coração, fazendo com que as veias fiquem intumescidas e bem visíveis sob a pele do antebraço. Esse procedimento é atualmente utilizado para tornar as veias mais evidentes e facilitar a aplicação de injeções.

Faça a demonstração em seu próprio braço ou peça a estudantes que têm veias salientes no braço que se apresentem como voluntários. Aplique um garrote leve, feito com uma faixa de tecido ou com uma borracha apropriada. Cuide para que o garrote não fique muito apertado e também para que a demonstração não se prolongue por muito tempo com a mesma pessoa.

Observe, nas veias intumescidas sob a pele do antebraço, os nódulos que indicam a existência de válvulas. Aperte a veia com o dedo um pouco abaixo da válvula (veja a figura), bloqueando-a completamente. Em seguida, sem soltar o dedo, empurre o sangue da veia para cima, em direção à válvulas. A região entre o ponto bloqueado e a válvula ficará vazia de sangue, pois este não pode retornar devido ao fechamento da válvula. Solte vagarosamente o ponto bloqueado e será possível ver o sangue enchendo o trecho da veia antes vazio.

27. Atividade prática: O jogo da imunidade

Esta atividade permite fixar e aprofundar conhecimentos sobre o funcionamento do sistema imunitário.

Nas páginas para reproduzir, apresentamos as 34 cartas que compõem o jogo da imunidade, além de uma tabela com os valores dos jogos e a pontuação.

Uma maneira prática de confeccionar o baralho do jogo consiste em tirar fotocópias das páginas com as cartas, recortando-as e colando-as nas cartas de um baralho barato, facilmente encontrado no comércio.

O baralho

Compõe-se de 34 cartas:

- 4 cartas de antígenos bacterianos (**Ab**);
- 4 cartas de antígenos virais (**Av**);
- 2 cartas coringas de antígenos genéricos (**A**);
- 8 cartas de macrófagos (**M**);
- 8 cartas de linfócitos T auxiliadores (**CD4**);
- 4 cartas de linfócitos T matadores (**CD8**);
- 4 cartas de linfócitos B (**B**).

O jogo

O objetivo do jogo é formar sequências de cartas que simulam a sequência de ativação do sistema imunitário. O jogo mais simples compõe-se de três cartas, sendo uma de antígeno (A, Ab ou Av), uma de macrófago (M) e uma de linfócito T auxiliador (CD4). As cartas de antígeno e de linfócito em uma sequência devem ser sempre de mesmo naipe, enquanto a carta de macrófago é inespecífica.

A uma trinca Ab-M-CD4 pode ser acrescentada apenas uma carta de linfócito B, de mesmo naipe que a de linfócito CD4. Já no caso de uma trinca Av-M-CD4 (ou A-M-CD4), podem ser acrescentadas uma carta de linfócito B, uma de linfócito CD8 ou ambas, necessariamente de mesmo naipe que a carta CD4 da sequência.

A trinca representa os elementos mínimos para a estimulação do sistema imunitário (ativação do linfócito T auxiliador). A adição de uma carta de linfócito B na sequência representa a produção de anticorpos, que combatem tanto antígenos bacterianos quanto virais. A adição de uma carta de linfócito CD8 (somente em sequências com carta de antígeno viral ou coringa) representa o ataque desses linfócitos a células corporais infectadas por vírus.

As sequências postas sobre a mesa durante o jogo recebem os seguintes valores:

- três cartas = 50 pontos;
- quatro cartas = 100 pontos;
- cinco cartas = 150 pontos.

As regras

O jogo da imunidade é semelhante ao jogo de buraco. Sugerimos usar dois baralhos, jogando duas a quatro pessoas, individualmente ou em duplas. Após o embaralhamento das cartas, o baralho é dividido em dois e uma das pessoas distribui 7 cartas para cada jogador. Enquanto isso, outro participante distribui os “mortos”, que são dois conjuntos de 7 cartas cada um. Após a distribuição das cartas, o restante do baralho é colocado sobre a mesa com as faces das cartas voltadas para baixo.

O primeiro participante “compra” a carta superior do baralho. Após organizar seus jogos, ele deve sempre deixar sobre a mesa (descartar) uma de suas cartas com a face voltada para cima. Os participantes seguintes podem tanto comprar a carta superior do baralho como as cartas da mesa, lembrando que, ao optar pela compra da mesa, se deve ficar com todas as cartas. Na sua vez de jogar, o participante pode mostrar suas sequências e completar sequências postas sobre a mesa anteriormente.

Quando um jogador acaba suas cartas, diz-se que ele “bateu”. O primeiro a bater ganha o direito de pegar as cartas de um dos “mortos”, podendo usá-las imediatamente em seus jogos, caso tenha batido sem descartar, ou aguardando a rodada seguinte. O outro morto será usado pelo jogador que bater em segundo lugar.

O fim de uma rodada ocorre quando um jogador acaba suas cartas (batida final). Os pontos correspondem à soma dos valores das sequências que um jogador colocou sobre a mesa subtraída do valor das cartas eventualmente retidas em sua mão. Esse valor é de 10 pontos para cartas de antígenos e macrófagos, de 20 pontos para cartas de linfócitos e de 50 pontos para cartas de antígeno coringas. O jogador que tiver usado o morto terá direito a mais 100 pontos. Ao vencedor, serão atribuídos mais 100 pontos pela batida final.

28. Atividade prática: Medindo a frequência respiratória

Os procedimentos para medir a frequência respiratória são semelhantes aos sugeridos para as medições da frequência cardíaca (na seção “Faça você mesmo!” do capítulo 10).

Peça aos estudantes que trabalhem em duplas e que contem e registrem o número de respirações por minuto, em repouso e após uma atividade física. Organize uma discussão semelhante à sugerida para a frequência cardíaca.

29. Construção de modelos: Construindo um modelo para explicar a ventilação pulmonar

O mecanismo da ventilação pulmonar na espécie humana pode ser simulado em um modelo muito fácil de fazer, já representado em uma ilustração do Livro do Aluno.

Material

- garrafa plástica vazia e transparente, de paredes relativamente rígidas
- uma rolha de cortiça ou de borracha que sirva na boca da garrafa plástica

- um “corpo” de caneta esferográfica ou um tubo de plástico rígido de diâmetro semelhante
- dois balões de borracha (“bexigas”), um pequeno e um grande
- tesoura
- fita adesiva, fita-crepe ou elástico

Procedimento

Atenção: Oriente os estudantes no sentido de evitarem acidentes como cortes ou perfurações.

A escolha da garrafa plástica é importante, pois algumas podem ter as paredes muito flexíveis, não se prestando para a atividade. Algumas marcas de vinagre têm garrafas plásticas adequadas, assim como certas marcas de refrigerante. Com a tesoura, corte a garrafa plástica um pouco acima da metade e dispense a parte que tem o fundo.

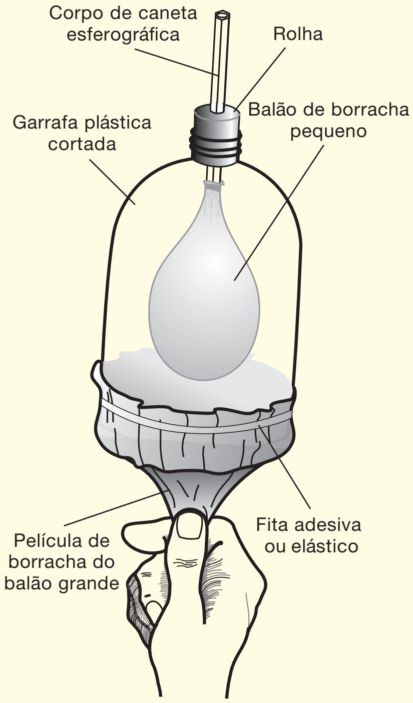
A parte superior da garrafa representará o tórax de uma pessoa, com o gargalo correspondendo à região da garganta.

Fure a rolha no meio e atravesse o orifício com o corpo de uma caneta esferográfica, conforme mostrado na ilustração desta página. Coloque a rolha no gargalo e deixe uns cinco centímetros do corpo da caneta para dentro da garrafa. Nessa extremidade, adapte o balão pequeno e, se for necessário, fixe-o firmemente com um pedaço de fita adesiva. Ao soprar pelo corpo da caneta, o ar deve encher o balão, sem escapar. O balão representará o pulmão, ligado ao meio exterior pelo corpo da caneta, que representa a traqueia.

Corte a parte superior do balão maior e use a película de borracha para vedar o fundo da garrafa cortada.

Cuide para que a película fique bem esticada, como a de um tambor, e prenda-a firmemente à garrafa com a fita adesiva ou com o elástico. Essa membrana elástica que agora fecha o fundo da garrafa representa o diafragma, a membrana grossa e musculosa que separa o tórax do abdome. Confira seu modelo com a ilustração a seguir.

Para simular a ventilação pulmonar, basta puxar a membrana de borracha para baixo, o que corresponde à contração e ao abaixamento do diafragma, que ocorrem durante a inspiração. Com o aumento do volume e a consequente diminuição da pressão dentro da garrafa, o balão pequeno se encherá com o ar vindo do exterior. Ao empurrarmos a membrana de borracha para dentro da garrafa, simulamos o relaxamento e a elevação do diafragma, que ocorrem durante a expiração. Com a diminuição do volume e o consequente aumento da pressão dentro da garrafa, o balão pequeno se esvaziará.


Corpo de caneta esferográfica
Rolha
Garrafa plástica cortada
Balão de borracha pequeno
Película de borracha do balão grande
Fita adesiva ou elástico

ADILSON SECCO

Modelo para simular a ventilação pulmonar causada pelos movimentos do diafragma. Ao abaixar a membrana de borracha, simula-se a inspiração. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si.)

30. Atividade de laboratório: Examinando ossos e músculos

O objetivo desta atividade é observar ossos, músculos e tendões em coxa e sobrecoxa de frango. Alguns dos principais músculos do membro inferior da ave estão identificados nos desenhos a seguir.

Atenção: A manipulação de instrumentos cortantes ou perfurantes deve ser feita pelo(a) professor(a) e observada pela classe, evitando, assim, risco à integridade física dos estudantes.

Material

- coxa e sobrecoxa de frango
- papel toalha
- tesoura de ponta fina
- pinça de ponta dentada (opcional)
- cuba (ou bandeja) para dissecação
- bisturi (opcional)
- faca
- lente de aumento manual

Procedimento

Obtenha o conjunto coxa/sobrecoxa no comércio especializado. Lave a peça em água corrente, enxugue-a bem com o papel toalha e coloque-a na bandeja de dissecação, que pode ser um recipiente de plástico, facilmente encontrado em lojas e supermercados.

Oriente os estudantes a examinar a pele, puxando-a levemente com a pinça de modo a sentir sua elasticidade e a frouxa ligação com os tecidos embaixo dela. Corte a pele com a tesoura ao longo da sobrecoxa e da coxa e desprenda-a da musculatura, tomando cuidado para não danificar os músculos.

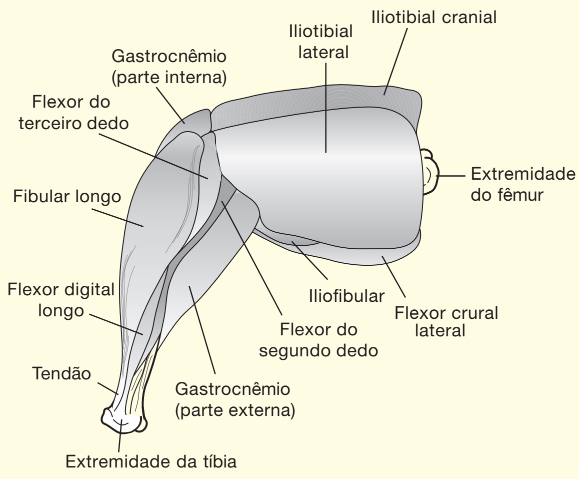
Chame a atenção para a forma dos músculos e mostre os tendões, filamentos esbranquiçados e resistentes que prendem os músculos aos ossos, por exemplo, os que ligam o fêmur (osso da sobrecoxa) à tíbia (osso da coxa). Lembre aos estudantes que a “coxa” do frango corresponde à nossa perna (abaixo do joelho) e chame a atenção para o músculo gastrocnêmio, o mesmo que forma nossa panturrilha (ou “barriga da perna”).

Desprenda os músculos dos ossos, com o bisturi ou a faca, e chame a atenção para o revestimento cartilaginoso das articulações.

Se for possível, use uma lente de aumento para uma observação mais detalhada. Com o bisturi, é possível remover parte do periósteo (a camada que reveste os ossos) e observar a sua estrutura flexível e resistente.

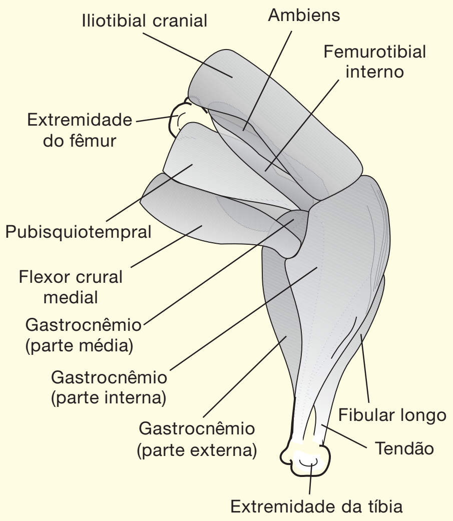
Com a faca, corte uma das extremidades do fêmur, de modo a observar a estrutura do material ósseo esponjoso e a medula óssea gelatinosa localizada em seu interior. Sugira aos estudantes que façam desenhos do osso cortado, identificando com legendas o periósteo, a medula óssea, a região de osso compacto e a região de osso esponjoso.

COXA E SOBRECOXA DE FRANGO


Iliotibial cranial
Iliotibial lateral
Gastrocnêmio (parte interna)
Flexor do terceiro dedo
Extremidade do fêmur
Fibular longo
Iliofibular
Flexor crural lateral
Flexor digital longo
Flexor do segundo dedo
Tendão
Gastrocnêmio (parte externa)
Extremidade da tíbia

VISTA EXTERNA

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO


Iliotibial cranial
Ambiens
Femurotibial interno
Extremidade do fêmur
Pubisquiotempral
Flexor crural medial
Gastrocnêmio (parte média)
Gastrocnêmio (parte interna)
Fibular longo
Gastrocnêmio (parte externa)
Tendão
Extremidade da tíbia

VISTA INTERNA

Representação da coxa e da sobrecoxa. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si.)

31. Atividade de laboratório: “Dando nó em osso”

O objetivo desta atividade é demonstrar que a rigidez dos ossos se deve aos sais de cálcio e de fósforo que impregnam a matriz óssea, formada fundamentalmente por fibras da proteína colágeno. Quando os minerais são removidos por um ácido, o osso torna-se flexível a ponto de poder ser dobrado e mesmo torcido como um nó.

Material

- fêmur de peru ou de frango
- ácido acético (vinagre)
- luvas de borracha
- frasco de vidro (no qual caiba o osso)

Procedimento

Oriente os estudantes a limpar bem o osso, removendo toda a carne aderida; coloque o osso no frasco de vidro e cubra-o com ácido acético (vinagre).

Após 48 ou 72 horas imerso na solução ácida, retire o osso. Lave-o em água corrente e observe sua consistência. Se usar um osso suficientemente longo, será possível torcê-lo em um nó. Estimule os estudantes a explicar por que o osso, mesmo desmineralizado, não perde a forma, que se deve à estrutura de fibras de colágeno.

32. Atividade prática: Localizando receptores de tato na pele

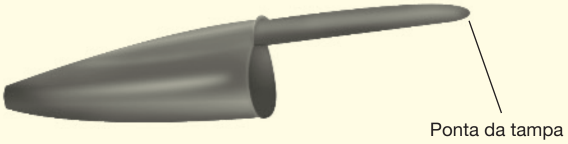
É fácil perceber que temos receptores de tato nas pontas dos dedos. Ao passar levemente as pontas dos dedos sobre um objeto, podemos perceber detalhes de sua superfície. Essa percepção depende de mecanorreceptores (receptores táteis) e será tanto mais acurada quanto maior a concentração desses receptores em uma área da pele. Nesta atividade, o objetivo é comparar a concentração de receptores de tato em diferentes regiões do corpo.

Material

- tampas de caneta esferográfica
- cinco retângulos de papelão (6 cm × 10 cm) por dupla de alunos
- lenço (ou tecido) para vendar os olhos

Procedimento

Introduza a ponta da tampa de caneta no centro de um dos retângulos de papelão, deixando cerca de 3 mm da ponta exposta. Em cada um dos demais cartões introduza, também na região central, duas tampas de caneta, sendo que, no primeiro cartão, a distância entre as pontas das tampas deve ser de 0,5 mm; no segundo cartão, a distância deve ser de 1 cm; no terceiro, de 2 cm; e, no quarto, de 3 cm.



JURANDIR RIBEIRO

Oriente os estudantes a trabalhar em duplas. Um dos estudantes terá os olhos vendados, enquanto o outro tocará a superfície de sua pele com a ponta das tampas presas nos cartões de papelão. Sugerimos comparar as seguintes áreas do corpo: ponta do dedo indicador, centro da palma da mão, dorso da mão, parte posterior do pescoço e axila. Alerte os estudantes a pressionar as pontas das tampas com delicadeza ao tocar a pele do colega, e também a não executar os testes na ordem crescente de distância, para não induzir a resposta. Antes de iniciar a atividade, oriente os estudantes a construir uma tabela como a mostrada a seguir, que será utilizada para anotar as observações de cada estudante.

As colunas da tabela devem ser preenchidas com o tipo de sensação percebida pelo estudante. Se for percebida apenas uma ponta, o parceiro deve preencher o espaço correspondente à região do corpo tocada e à distância entre as pontas das tampas com o número **1**; se forem percebidas duas pontas, o espaço deve ser preenchido com o número **2**.

Sugira aos estudantes que troquem de posição e repitam a experiência. Com base nos resultados, peça aos estudantes que organizem as regiões da pele testadas por ordem decrescente em relação à quantidade de receptores de tato.

Tabela para anotação dos testes de receptores de tato

Região do corpo tocada	**Distância entre as pontas das tampas**				
	0 cm	0,5 cm	1 cm	2 cm	3 cm
Ponta do dedo					
Palma da mão					
Dorso da mão					
Pescoço					
Axila					

33. Pesquisa: Drogas que atuam no sistema nervoso

Oriente os estudantes a realizar uma pesquisa sobre drogas que afetam o sistema nervoso, incluindo drogas legalizadas (álcool, cafeína, tranquilizantes etc.) e drogas ilícitas (maconha, cocaína, *crack*, anfetaminas, heroína, LSD etc.). A pesquisa pode ser feita em livros, revistas, jornais, enciclopédias e outras fontes informativas. Se sua escola dispõe de conexão com a internet, será fácil encontrar informações pesquisando o verbete "drogas".

Os resultados das pesquisas podem ser apresentados em seminários, debates, murais etc. Se for possível, conclua a atividade convidando profissionais de saúde para ministrar palestras na escola e debater o tema com os estudantes.

MÓDULO 1 CLASSIFICAÇÃO BIOLÓGICA E OS SERES MAIS SIMPLES

CAPÍTULO 1
Sistemática e classificação biológica

Questões para exercitar o pensamento

16. Os níveis taxonômicos são dispostos em uma hierarquia: domínio, reino, filo, classe, ordem, família, gênero e espécie, partindo, nesse caso, do mais abrangente para o mais particular. Sendo assim, é esperado que haja maior grau de semelhança entre A e B, pois compartilham características comuns da família.

17. O quadrado azul representa o ancestral apenas da espécie C. O quadrado verde representa o ancestral comum das espécies B e C. O quadrado marrom representa o ancestral comum das espécies A, B, e C.

Faça você mesmo!

18. a) Boas fontes de pesquisa são: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (www.mz.usp.br), Museu de Zoologia da Unicamp (www.ib.unicamp.br/museu_zoologia), o diretório da Wikipedia sobre espécies (http://species.wikimedia.org/wiki/Main_Page), Tree of Life (http://tolweb.org/tree/) e ISIS (www2.isis.org/Pages/Home.aspx), essas duas últimas indicações, em inglês. Acessos em: mar. 2016.

b) Discuta com os estudantes a escala do tempo mostrada nos gráficos e leve-os a refletir sobre a ordem de grandeza do tempo evolutivo (milhões de anos) em relação à escala de tempo humana. Ajude-os na leitura das árvores filogenéticas para que descubram que ursos e cães tiveram ancestral em comum há aproximadamente 50 milhões de anos.

c) Oriente os estudantes a desenhar pelo menos o trecho da árvore dos canídeos no qual se encontram o cão doméstico, o lobo, o coiote, o chacal de dorso negro, e sua ancestralidade em comum (no gráfico, em 6 milhões de anos, aproximadamente). O cão selvagem africano deve estar representado em uma linha saindo do ramo principal antes que o ramo que representa os coiotes.

d) Resposta aberta, de acordo com as preferências dos estudantes e com base nas árvores filogenéticas apresentadas no livro. É preciso analisar as representações elaboradas pelos estudantes. Aproveite a oportunidade para se certificar de que eles realmente compreendem o que é uma árvore filogenética e desfaça eventuais dúvidas.

A Biologia no vestibular e no Enem

7. a) Sistema criado por Lineu e utilizado até hoje para a designação científica de qualquer espécie de ser vivo. Nesse sistema, cada espécie é denominada por duas palavras, a primeira referente ao gênero e a segunda, à espécie.

b) O principal motivo é que regras bem estabelecidas e aceitas por todos facilitam a comunicação entre os cientistas e mesmo entre os não cientistas. Os nomes populares dos seres vivos variam nos diferentes idiomas e até em diferentes regiões de um mesmo país, enquanto o nome científico é um só: ele designa apenas uma espécie catalogada e descrita detalhadamente pelos estudiosos, o que evita confusões.

8. a) O estudante deve digitar “*Cebus apella*”, o nome científico da espécie.

b) A utilização de qualquer outra categoria taxonômica poderia incluir informações sobre outras espécies, além daquela escolhida.

CAPÍTULO 2
Vírus e bactérias

Questões para exercitar o pensamento

19. Ao elaborar os textos, os estudantes devem ter claros os seguintes aspectos de vírus e bactérias: vírus são parasitas intracelulares obrigatórios, ou seja, dependem do maquinário bioquímico de uma célula para se reproduzir. Alguns vírus infectam bactérias.

Devido à sua simplicidade estrutural (cápsula proteica com material genético), alguns cientistas não consideram os vírus seres vivos, vendo-os apenas como elementos físico-químicos replicantes (cuja replicação depende da invasão de células vivas). Durante sua “replicação”, um vírus faz uso dos aparatos celulares (enzimas, por exemplo) do hospedeiro para se replicar, após ter se inserido no meio do genoma da célula parasitada por ele. Bactérias são organismos unicelulares; possuem uma membrana celular composta de dupla camada de fosfolipídios. No citoplasma não há núcleo organizado, mas há nucleoides, moléculas de DNA com proteínas associadas, sem delimitações de membranas. Algumas apresentam plasmídios, moléculas de DNA circular, livres no citoplasma. Externamente à membrana celular, têm uma parede celular composta por polímeros de carboidratos e proteínas, que dão forma à célula bacteriana. Algumas apresentam flagelos ou cílios. A reprodução é assexuada, por divisão binária. Algumas espécies têm pili, estrutura que permite a troca de plasmídios entre duas bactérias, no processo de conjugação bacteriana. Outras conseguem transferir segmentos de moléculas de DNA por meio da transdução bacteriana, promovida por vírus bacteriófagos.

20. A atividade permite integração com a disciplina de Língua Portuguesa. Os trechos dos textos selecionados podem tendenciar a opinião dos estudantes, pois ambos apontam a possibilidade de haver bactérias nos ambientes mais inesperados, vivendo sob condições adversas. Aproveite para rever o conceito de organismos extremófilos. Se julgar oportuno, comente sobre o tardígrado, um artrópode microscópico extremófilo, capaz de sobreviver no vácuo, sem alimento, sem água e por longos períodos, que também sobrevive em condições normais. Vale discutir sobre os levantamentos de dados feitos pelo robô Oportunity da Nasa, que indicam que Marte teve água líquida e vida microbiana.

21. É preciso analisar os textos elaborados pelos estudantes. Certifique-se de que eles não fugiram do assunto e que incorporaram informações científicas relevantes ao texto.

Faça você mesmo!

22. A descoberta de Griffith, denominada Princípio Genético da Transformação, contribuiu para a descoberta das moléculas hereditárias dos seres vivos (DNA, RNA). O experimento realizado por ele mostrou que havia alguma substância responsável pela hereditariedade de uma característica e que essa substância podia ser passada a células vivas mesmo que proveniente de células mortas. Ajude os estudantes a fazer o levantamento dos materiais usados por Griffith em seus experimentos: seringas graduadas, tubos de ensaio, bico de Bunsen (ou bico de gás), pinças de madeira ou de metal, além dos ratos e das linhagens de bactérias. O experimento pode ser descrito sucintamente em 5 fases: 1) preparação das aplicações (incluindo a amostra de bactérias patogênicas mortas e a amostra de bactérias patogênicas mortas misturada às bactérias não patogênicas vivas); 2) aplicações das amostras; 3) acompanhamento do quadro de saúde dos ratos; 4) interpretação dos resultados; 5) conclusões.

A Biologia no vestibular e no Enem

9. Argumentos a favor:

- autorreprodução, embora os vírus necessitem de célula hospedeira para se reproduzir;
- presença de material genético: DNA ou RNA (como regra);
- capacidade de mutabilidade e de adaptação.

Argumentos contra:

- são acelulares;
- não possuem metabolismo próprio.

10. Espera-se que os estudantes não concordem com a afirmação na sua totalidade. As células bacterianas, como todas as células, possuem DNA. Essa molécula é fundamental para o controle do metabolismo celular. No entanto, nas bactérias, o DNA não está envolvido por um envoltório lipoproteico e, assim, não há um núcleo organizado.

11. A célula bacteriana, em ambiente de salinidade alta, desidrata-se e morre. É por isso que se costuma salgar certos alimentos para preservá-los do ataque de bactérias.

CAPÍTULO 3
Algas, protozoários e fungos

Questões para exercitar o pensamento

15. Sugestão de tabela:

	Algas	Protozoários	Fungos
Nutrição	Autotrófica.	Heterotrófica.	Heterotrófica.
Organização estrutural	Eucarióticos, uni ou multicelulares, com parede celular, sem tecidos diferenciados.	Eucarióticos, unicelulares, sem parede celular, podem apresentar cílios ou flagelos.	Eucarióticos, uni ou multicelulares. A parede das hifas nos fungos multicelulares contém quitina.
Hábitat	A maioria é aquática, de água doce ou salgada. Há algumas espécies terrestres, vivendo em ambientes úmidos.	Há espécies de vida livre que vivem em água doce, salgada e em superfícies úmidas. Espécies parasitas habitam o interior de células, o sangue e diversos órgãos humanos.	Vivem no solo, na água ou no corpo de outros seres vivos.
Importância	Algumas espécies são utilizadas como alimento; algas vermelhas fornecem substâncias usadas em indústrias e em pesquisas científicas (ágar e carrageninas).	Alguns são patogênicos, causando doenças em humanos ou em plantas e animais domésticos.	Há espécies que são comestíveis; outras são utilizadas na indústria de alimentos e produtos medicinais. Certos fungos são agentes decompositores, ajudando na ciclagem dos nutrientes na natureza. Há espécies que vivem em mutualismo com as raízes de certas plantas ou com algas.
Doenças	Não causam doenças, porém as toxinas de dinoflagelados, quando em excesso, podem afetar os peixes e, se consumidos pelas pessoas, as toxinas provenientes das algas podem fazer mal à saúde.	Amebíase, doença de Chagas, doença do sono, giardíase, leishmaniose tegumentar e visceral, malária, toxoplasmose, balantidiose, entre outras.	Candidíase, frieiras, sapinho, histoplasmose, blastomicose sul-africana, micoses e onimicoses, doença de Jorge Lobo (lacaziose), entre outras.
Exemplos	*Spirogyra* (clorófita filamentosa); *Chlamydomonas* (clorófita unicelular); *Ulva* (ou “alface-do-mar”; clorófita multicelular); *Sargassum* (feófita multicelular).	*Trypanosoma cruzi*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, entre outros.	*Candida albicans*, *Aspergillus* sp., *Lacazia loboi*, entre outros.

16. O enredo da história ficcional deverá ser uma criação dos estudantes, considerando os conhecimentos a seguir. O fitoplâncton marinho é constituído por algas unicelulares, com predominância de diatomáceas e dinoflagelados. Os seres do fitoplâncton são os produtores da cadeia alimentar marinha, servindo de alimento, direta ou indiretamente, a quase todos os seres desse ecossistema. Além disso, sendo fotossintetizantes, os seres do fitoplâncton fornecem a maior parte (cerca de 90%) do gás oxigênio presente na atmosfera. Se o fitoplâncton marinho desaparecesse, possivelmente ocorreria extinção da maioria das espécies do ecossistema marinho e de muitas espécies de terra firme, tanto pela falta de matéria orgânica como pelo decréscimo acentuado no teor de gás oxigênio na atmosfera da Terra.

17. Se os fungos decompositores deixassem de atuar, cadáveres e restos de plantas, animais e outros seres vivos deixariam de ser decompostos, e não liberariam para o ambiente diversos elementos químicos que constituem seus corpos. A longo prazo, elementos como nitrogênio, carbono etc. deixariam de ser reciclados e faltariam materiais para a continuação da vida na Terra.

Faça você mesmo!

18. Uma sugestão é que a atividade seja realizada em parceria com seu colega de Arte. Desenhar organismos nem sempre é fácil. Sugerimos que acompanhe os estudantes em saídas de campo para a coleta ou a compra dos fungos e das algas. Vale ressaltar que os fungos se reproduzem por esporos. Então, no momento da coleta desses organismos na natureza, é importante usar luvas e máscaras. Alerte os estudantes para que tenham cuidado na manipulação de fungos, evitando deixá-los próximos aos alimentos, para reduzir o risco de contaminação por eventuais toxinas presentes nos esporos desses organismos.

A Biologia no vestibular e no Enem

6. Os fungos alimentam-se de matéria orgânica, no caso a madeira. Suas hifas penetram na madeira e produzem esporos. O álcool pode destruir as hifas, mas não os esporos; por isso, o fungo voltou a "reaparecer" no armário.

MÓDULO 2 O REINO DAS PLANTAS

CAPÍTULO 4

A diversidade das plantas

Questões para exercitar o pensamento

17. Sugestão de tabela:

	Briófitas	Pteridófitas	Gimnospermas	Angiospermas
Gametófito	Fase haploide, mais desenvolvida e persistente, predominante, responsável pela formação de gametas.	Fase haploide, reduzida e temporária; o esporófito jovem é sustentado pelo prótalo.	Fase haploide, reduzida, que se desenvolve dentro do esporângio. O grão de pólen é o microgametófito imaturo, masculino; o megagametófito é feminino.	Fase haploide, reduzida, que se desenvolve dentro do esporângio. O grão de pólen é o microgametófito imaturo, masculino; o megagametófito é feminino.
Esporófito	Fase diploide, dependente e temporária. Cresce sobre o gametófito. Responsável pela formação de esporos.	Fase diploide, mais desenvolvida e persistente, predominante. Constituído de raiz, caule (rizoma) e folhas.	Fase diploide, mais desenvolvida e persistente, predominante. Constituído de raiz, caule, folhas, estróbilos e sementes.	Fase diploide, mais desenvolvida e persistente, predominante. Constituído de raiz, caule, folhas, flores, sementes e frutos.
Estruturas reprodutivas	Anterídios, onde se formam os gametas masculinos, e arquegônios, onde são formados os gametas femininos.	Nos prótalos formam-se anterídios (estruturas reprodutivas masculinas) e arquegônios (estruturas reprodutivas femininas).	Estróbilos masculinos (microstróbilos), que formam micrósporos, e estróbilos femininos, que formam megásporos (megastróbilos).	Formam flores, muitas delas hermafroditas, dotadas de androceu (parte masculina) e de gineceu (parte feminina).
Gametas (sempre haploides)	Os anterozoides são os gametas masculinos, flagelados, que nadam até a oosfera, o gameta feminino.	Os anterozoides são os gametas masculinos, flagelados, que nadam até a oosfera, o gameta feminino.	Grão de pólen origina o tubo polínico, que contém duas células espermáticas (gametas masculinos); células do gametófito feminino formam arquegônios com oosferas (gametas femininos).	Grão de pólen origina o tubo polínico, com duas células espermáticas (gametas masculinos); uma delas fecunda a oosfera, originando o zigoto, e outra fecunda os núcleos polares, originando o endosperma triploide.
Presença de sementes/frutos	Sem semente e sem fruto.	Sem semente e sem fruto.	Com semente e sem fruto.	Com semente e com fruto.

18. Resposta pessoal. É importante avaliar os textos elaborados pelos estudantes. Vale lembrar que o tipo de combustível fóssil formado depende de diversos fatores, incluindo o material biológico do qual é proveniente. O petróleo é formado, principalmente, por algas e outros organismos do plâncton que foram soterrados há milhões de anos, sofrendo decomposição lenta e gradual, sob determinadas condições ambientais de temperatura e pressão. De modo geral, o carvão mineral origina-se de troncos, galhos, folhas e raízes de plantas que cresceram há mais de 250 milhões de anos. No endereço eletrônico <http://cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo1A/carvao.html>, há informações sobre a formação do carvão mineral. Acesso em: mar. 2016.

Faça você mesmo!

19. A atividade permite a integração com a disciplina de Arte. É preciso atentar aos detalhes dos esquemas elaborados pelos estudantes. Aproveite a atividade para desfazer eventuais dúvidas sobre os ciclos reprodutivos dos grupos vegetais.

A Biologia no vestibular e no Enem

6. As adaptações mencionadas provavelmente estão relacionadas à atração de animais polinizadores. Flores diurnas que apresentam corola vistosa podem atrair, de modo eficiente, animais que tenham o sentido da visão desenvolvido, como aves e insetos. Por outro lado, corolas vistosas seriam de pouca valia para atrair polinizadores noturnos, que, provavelmente, encontrariam dificuldade em distingui-las por causa da baixa luminosidade. Para flores que se abrem à noite, exalar perfume intenso é uma das estratégias mais eficientes para atrair animais polinizadores, como morcegos.

7. a) Flores com coloração vistosa são atraentes para animais polinizadores, como aves e insetos. A ação desses animais aumenta a eficiência da polinização, ampliando as chances de reprodução da planta.

b) No caso dessas plantas, o vento costuma ser o principal agente polinizador.

CAPÍTULO 5

Reprodução e desenvolvimento das angiospermas

Questões para exercitar o pensamento

27. A atividade permite integração com a disciplina de Língua Portuguesa. O objetivo é que os estudantes reconheçam que, tanto nos animais com fecundação externa como nas plantas com polinização feita pelo vento, a chance de os gametas ou o pólen chegarem a seus "destinos biológicos" é menor. Sendo assim, ao longo da história evolutiva, foram selecionados os organismos que produziam maior número de gametas ou de pólen, o que aumentava suas chances de reprodução.

28. A preocupação de que a casa sobre os ramos mais baixos de uma grande árvore possa ficar cada vez mais alta com o passar dos anos é infundada. Os ramos mais baixos são os mais antigos e não mudam de altura ao longo do tempo porque o crescimento em altura da árvore ocorre a partir do ápice, região em que estão localizados os tecidos meristemáticos.

Faça você mesmo!

29. A atividade permite a integração com a disciplina de Arte. Acompanhe a dissecação das flores com os alunos e aproveite para rever a função de cada elemento floral.

A Biologia no vestibular e no Enem

7. a) I – tecido vascular ou vasos condutores ou tecido condutor ou xilema e floema; II – semente; III – fruto ou flor e fruto. O xilema transporta a seiva mineral e o floema, a seiva orgânica.

b) A dupla fecundação é a união dos dois gametas masculinos produzidos pelas angiospermas, um com os núcleos polares e o outro com a oosfera. A partir da fusão de um dos gametas masculinos com os núcleos polares, forma-se o endosperma $3n$, e a fusão de outro gameta masculino com a oosfera resulta no zigoto $2n$.

8. Folhas carpelares, ou carpelos, são os megasporofilos das angiospermas; são as estruturas que formam o pistilo, cuja base dilatada é o ovário, em cujo interior se formam as sementes. É a partir das folhas carpelares que se formam os frutos, que têm papel importante na proteção e dispersão das sementes das angiospermas.

9. a) 2

b) 1

c) 2

d) 5

CAPÍTULO 6
Fisiologia das plantas

Questões para exercitar o pensamento

17. a) A planta produziu sua massa orgânica por meio da fotossíntese. Para isso, ela usou não apenas a água fornecida, mas também o gás carbônico no ar e a luz do Sol, sintetizando biomassa.

b) A perda de massa do solo deve ter sido decorrente do consumo de nutrientes presentes nele pela planta, os quais foram incorporados à biomassa.

18. Nas duas situações, os estômatos se fecham. Na primeira, em resposta ao estresse hídrico, o fechamento dos estômatos permite maior retenção de água na planta. Na segunda, ao anoitecer a planta deixa de realizar fotossíntese e os estômatos se fecham, pois não é necessária a entrada de mais CO_2. O fechamento dos estômatos protege a planta da dessecação.

19. a) Não. Seria necessário saber se as plantas de aveia florescem com período de iluminação superior ou inferior a 9 horas. No primeiro caso, ela seria de dia longo e no segundo, de dia curto.

b) O fato de as plantas de aveia não florescerem quando submetidas a regime luminoso de 7 horas, portanto abaixo do fotoperíodo crítico (9 horas), significa que elas são plantas de dia longo.

Faça você mesmo!

20. a) As raízes crescem sempre “para baixo” e os caules, “para cima”. Em termos científicos, o crescimento das raízes segue orientação da força gravitacional, enquanto o crescimento de caules é contra a orientação da força gravitacional.

b) Raízes apresentam geotropismo positivo e caules apresentam geotropismo negativo. As auxinas (AIA) têm relação direta com o geotropismo.

c) Esse comportamento diferenciado nos caules e nas raízes permite que as plantas orientem as raízes para baixo, de modo a se firmar melhor no solo, e as folhas e copas, para cima, de modo a aproveitar melhor a luz solar. É válido pensar também que as plantas que tenham tombado por qualquer motivo ou que estejam em terrenos inclinados podem responder de modo adequado a essas situações, mantendo o seu crescimento.

A Biologia no vestibular e no Enem

5. Hemisfério Norte. As maiores taxas de respiração ocorrem com temperaturas mais elevadas, portanto no verão. O verão no Hemisfério Norte ocorre entre julho e setembro.

6. a) A transpiração ocorre, em pequena escala, através da cutícula que reveste as folhas ou, na maior parte, através do ostíolo, quando o estômato está aberto. A entrada de água na planta ocorre através das células das raízes, principalmente na zona pilífera.

b) A transpiração excessiva pode ser evitada por meio do fechamento dos estômatos durante a noite, ou mesmo durante o dia, se o solo estiver seco.

c) A transpiração implica perda de água para a planta. Em condições em que a água perdida não possa ser imediatamente reposta pela absorção, a transpiração torna-se prejudicial ao vegetal, uma vez que pode levá-lo à desidratação ou mesmo à morte.

MÓDULO 3 O REINO DOS ANIMAIS

CAPÍTULO 7
Tendências evolutivas nos grupos animais

Questões para exercitar o pensamento

21. A impossibilidade de encontrar poríferos terrestres deve-se ao fato de esses organismos serem essencialmente aquáticos, dependendo do movimento da água pelo interior do corpo não apenas para obter nutrientes e gás oxigênio, mas também para eliminar gás carbônico e excreções.

22. Uma das principais vantagens da metameria é a organização segmentada da musculatura, que confere ao animal mais versatilidade na movimentação corporal. Os filos que apresentam corpos segmentados são o Arthropoda e o Annelida.

23. Sugestão de tabela:

	Cordados	**Equinodermos**	**Moluscos**	**Artrópodes**	**Anelídeos**	**Nematódeos**	**Platelmintos**	**Cnidários**	**Poríferos**
Sistema digestivo	Completo.	Completo.	Completo.	Completo.	Completo.	Completo.	Incompleto (ausência de ânus) e ramificado.	Incompleto (ausência de ânus).	Ausente.
Tipo de digestão	Extra e intracelular. (Craniados, só extracelular.)	Extracelular.	Extra e intracelular.	Extracelular.	Extracelular.	Extra e intracelular.	Extra e intracelular.	Extra e intracelular.	Intracelular.
Sistema circulatório	Fechado. Craniados possuem coração com 2, 3 ou 4 cavidades.	Ausente ou muito reduzido.	Alguns grupos apresentam sistema circulatório aberto ou lacunar; outros apresentam sistema fechado.	Aberto ou lacunar.	Fechado.	Ausente. Os nutrientes são lançados no líquido do pseudoceloma e difundem-se para as demais células do corpo.	Ausente. A distribuição dos nutrientes é facilitada pelo intestino ramificado.	Ausente. Os nutrientes difundem-se das células mioepiteliais digestórias para todas as células do corpo.	Ausente.
Tipo de fluido circulatório	Sangue rico em hemoglobina.	Fluido celômico responsável pela distribuição de substâncias.	Hemolinfa, com hemocianina.	Hemolinfa, podendo ser dotada ou não de pigmentos respiratórios (hemoglobina e hemocianina).	Sangue, com hemoglobina.	Fluido da cavidade pseudocelômica.	Ausente.	Ausente.	Ausente.
Tipo de respiração	Respiração cutânea nos protocordados. Respiração branquial, cutânea ou pulmonar nos craniados.	Reduzido (branquial) ou ausente. O sistema hidrovascular tem participação na respiração.	Cutânea, branquial ou pulmonar.	Branquial (crustáceos), traqueal (insetos e aracnídeos) e pulmonar ou filotraqueal (aracnídeos).	Cutânea.	Gás oxigênio e gás carbônico são, respectivamente, absorvido e eliminado por difusão simples pela superfície corporal.	Gás oxigênio e gás carbônico são, respectivamente, absorvido e eliminado por difusão simples pela superfície corporal.	Ausente. Trocas gasosas diretas com o ambiente.	Não há órgãos respiratórios. Todos os elementos de que precisam são trazidos pela água circundante.
Sistema excretor	Presente. Nefrídios nos protocordados. Néfrons nos craniados.	Ausente. Nas holotúrias há árvores respiratórias responsáveis pela respiração e excreção.	Presente, através de nefrídios.	Glândula verde (crustáceos), túbulos de Malpighi (insetos e aracnídeos) e glândulas coxais (aracnídeos).	Presente, através de metanefrídios.	As excretas são eliminadas por difusão e por renetes.	Rede de protonefrídios, com células flama ou solenócitos, e poros excretores na superfície dorsal.	Ausente. A excreção é feita por difusão.	Ausente. A excreção é feita por difusão.

Faça você mesmo!

24. Resposta pessoal. Incentive a troca de ideias entre os estudantes, lembrando-os de que é preciso respeitar a opinião alheia. Ajude-os na busca por *sites* com informações sobre o uso de animais como cobaias. Algumas sugestões são:

- <www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u336868.shtml>
- <http://super.abril.com.br/ciencia/defesa-direito-animais-ou-voce-ou-cobaia-442168.shtml>
- <http://mundoestranho.abril.com.br/materia/como-sao-feitos-os-testes-de-laboratorio-em-animais>
- <http://ciencia.hsw.uol.com.br/animais-em-laboratorio.htm>

Acessos em: mar. 2016.

A Biologia no vestibular e no Enem

11. a) Os sistemas pulmonar e traqueal captam O_2 do ar; o sistema branquial capta O_2 da água. A captação de O_2 através da superfície corporal (respiração cutânea) pode ocorrer tanto no ar quanto na água.

b) Minhoca tem respiração cutânea; barata tem respiração traqueal; camarão tem respiração branquial; e medusa tem respiração cutânea.

c) Respiração cutânea.

12. O animal A pode ser uma planária (platelminto).
O animal B pode ser uma água-viva (cnidário).
O animal C pode ser uma mosca (inseto).
O animal D pode ser uma minhoca (anelídeo).

CAPÍTULO 8
Animais invertebrados

Questões para exercitar o pensamento

22. Sugestão de tabela:

	Equinodermos	Moluscos	Artrópodes	Anelídeos	Nematódeos	Platelmintos	Cnidários	Poríferos
Hábitat	Marinho.	Terrestres ou aquáticos.	Ocupam todos os hábitats possíveis; há espécies parasitas.	Terrestres ou aquáticos, de vida livre.	Terrestres ou aquáticos, com muitas espécies parasitas de plantas e animais.	Terrestres ou aquáticos, com muitas espécies parasitas.	Aquático, a maioria sendo de ambiente marinho.	Aquático, a maioria sendo de ambiente marinho.
Simetria	Formas larvais: simétrica bilateral; animais adultos: simetria radial.	Bilateral.	Bilateral.	Bilateral.	Bilateral.	Bilateral.	Radial.	Assimétricos; alguns com simetria radial.
Organização corporal	Triblásticos e celomados.	Triblásticos e celomados.	Triblásticos e celomados.	Triblásticos e celomados.	Triblásticos e pseudocelomados.	Triblásticos e acelomados.	Diblásticos.	Não formam folhetos germinativos.

	Equinodermos	Moluscos	Artrópodes	Anelídeos	Nematódeos	Platelmintos	Cnidários	Poríferos
Tipo de reprodução	Sexuada, espécies dioicas, fecundação externa, desenvolvimento indireto.	Sexuada, espécies monoicas e dioicas, desenvolvimento direto e indireto, dependendo da espécie.	Sexuada, com espécies dioicas. Algumas com desenvolvimento direto, outras com desenvolvimento indireto, ametábolos, holometábolos ou hemimetábolos. Fecundação externa ou interna.	Sexuada, com espécies monoicas e dioicas. Algumas espécies com desenvolvimento direto, outras com desenvolvimento indireto.	Sexuada, monoicos ou dioicos. Ciclos de parasitas com diversos estágios larvais.	Sexuada, com espécies monoicas (de desenvolvimento direto) e dioicas, com desenvolvimento direto e indireto. As espécies parasitas possuem vários estágios larvais. Algumas espécies realizam reprodução assexuada por fragmentação.	Reprodução com alternância de gerações – sexuada (medusa) e assexuada (pólipos); alguns pólipos com reprodução assexuada por brotamento.	Assexuada, por fragmentação e brotamento, e sexuada, com desenvolvimento indireto.

23. Sugestão de tabela:

		Hábitat	Organização corporal	Apêndices corporais	Sistema circulatório	Sistema respiratório	Sistema excretor	Reprodução
Grupos de artrópodes	Crustáceos	A maioria vive em ambientes aquáticos (água doce e salgada); poucas espécies em terra firme.	Cefalotórax e abdome.	Dois pares de antenas; apêndices locomotores no cefalotórax e no abdome.	Do tipo aberto ou lacunar; coração tubular dorsal, que bombeia a hemolinfa pelas artérias, que se abrem em hemocelas.	Branquial, adaptado à respiração em meio líquido; há pigmentos respiratórios na hemolinfa.	Um par de glândulas antenais (glândulas verdes) que filtram a hemolinfa, removendo as excreções e eliminando-as em um poro excretor que se abre na base da antena.	A maioria das espécies é dioica; há apêndices especializados em transferir espermatozoides para a fêmea, que os armazena; fecundação externa; o desenvolvimento pode ser direto (algumas espécies) e indireto (na maioria).
	Quelicerados	Todos de terra firme; muitas espécies vivem no solo, entre rochas ou buracos; outras vivem em teias.	Cefalotórax e abdome.	Apresentam quelíceras e pedipalpos; ausência de antenas; quatro pares de pernas.	Do tipo aberto ou lacunar; coração tubular dorsal, que bombeia a hemolinfa pelas artérias, que se abrem em hemocelas.	Traqueal (em algumas espécies) e filotraqueal ou pulmões foliáceos (na maioria).	Túbulos de Malpighi (em algumas espécies) e glândulas coxais (nas aranhas).	Dioicos; fecundação interna; desenvolvimento direto.

		Hábitat	Organização corporal	Apêndices corporais	Sistema circulatório	Sistema respiratório	Sistema excretor	Reprodução
Grupos de artrópodes	**Hexápodes**	Quase todas as espécies de terra firme; diversas espécies têm larvas (e mesmo adultos) que vivem em água doce; poucas espécies são marinhas.	Cabeça, tórax e abdome.	Apresentam um par de antenas; três pares de pernas; um ou dois pares de asas (a maioria); algumas espécies são ápteras (sem asas).	Do tipo aberto ou lacunar; coração tubular dorsal, que bombeia a hemolinfa pelas artérias, que se abrem em hemocelas; têm corações laterais que ajudam a bombear a hemolinfa para as asas.	Traqueal; traqueias ramificadas captam ar atmosférico (pelos espiráculos), levando-o diretamente aos tecidos.	Túbulos de Malpighi que eliminam as excretas no intestino, de onde são eliminadas com as fezes.	Dioicos; fecundação interna; o desenvolvimento pode ser direto (insetos ametábolos) ou indireto (insetos hemimetábolos/ holometábolos).
	Quilópodes	Todos de terra firme; em ambientes úmidos, geralmente sob folhas e troncos em decomposição.	Cabeça pequena e tronco alongado e segmentado, sem diferenciação entre tórax e abdome.	Um par de antenas; cada segmento do tronco com um par de pernas.	Do tipo aberto ou lacunar; coração tubular dorsal, que bombeia a hemolinfa pelas artérias, que se abrem em hemocelas.	Traqueal; traqueias ramificadas captam ar atmosférico (pelos espiráculos), levando-o diretamente aos tecidos.	Túbulos de Malpighi que eliminam as excretas no intestino, de onde são eliminadas com as fezes.	Dioicos; desenvolvimento direto.
	Diplópodes	Todos de terra firme; em ambientes úmidos, geralmente sob folhas e troncos em decomposição.	Cabeça pequena, tórax curto (quatro segmentos) e abdome longo (25 a 100 segmentos).	Um par de antenas; um par de pernas no segundo, no terceiro e no quarto segmento torácico; dois pares de pernas em cada segmento abdominal (formado por dois segmentos fundidos).	Do tipo aberto ou lacunar; coração tubular dorsal, que bombeia a hemolinfa pelas artérias, que se abrem em hemocelas.	Traqueal; traqueias ramificadas captam ar atmosférico (pelos espiráculos), levando-o diretamente aos tecidos.	Túbulos de Malpighi que eliminam as excretas no intestino, de onde são eliminadas com as fezes.	Dioicos; desenvolvimento direto.

24. A atividade permite a integração com a disciplina de Matemática. Vamos considerar, em média, uma liberação "relativamente constante" de 8 proglótides por dia. Assim, temos:

- Ovos liberados em um dia: 8 × 100 mil = 800 mil ovos.
- Ovos liberados em uma semana: 800 mil × 7 = = 5.600.000 ovos (5 milhões e 600 mil ovos).
- Ovos liberados em um mês: 800.000 × 30 = = 24.000.000 ovos (24 milhões de ovos).
- Ovos liberados em um ano: 800.000 × 365 = = 292.000.000 ovos (292 milhões de ovos).

Faça você mesmo!

25. Recomendamos que os minhocários sejam construídos na escola e o húmus produzido seja usado na horta local. Uma sugestão é convidar outros professores para participar da atividade.

Os *sites* a seguir trazem informações e ilustram como montar um minhocário caseiro:

- <http://mundoestranho.abril.com.br/materia/o-que-e-um-minhocario-domestico>
- <www.vidasustentavel.net/sustentabilidade/como-fazer-um-minhocario-caseiro>

Acessos em: mar. 2016.

A Biologia no vestibular e no Enem

6. São corais, cnidários que secretam estruturas esqueléticas de calcário que formam as rochas coralíneas constituintes dos recifes.

7. As minhocas ingerem detritos orgânicos (a maior parte composta de matéria vegetal morta) que estão misturados à terra. Como resultado dessa atividade, elas cavam galerias que aumentam a aeração do solo, facilitando a respiração das raízes das plantas. Os excrementos desses animais são ricos em compostos nitrogenados, constituindo o húmus, que fertiliza o solo e retém umidade.

8. No aquário C, pois os bivalves são organismos filtradores, que dependem de microrganismos que vivem em suspensão na água; estes estão ausentes no aquário A, que foi preenchido com água destilada e sais, e tambem no aquário B, preenchido com água filtrada.

CAPÍTULO 9

Cordados

Questões para exercitar o pensamento

13. Peixes das profundezas oceânicas são adaptados à grande pressão exercida pela coluna de água sobre eles. Eles compensam a pressão externa mantendo a pressão interna elevada por meio de adaptações no sistema circulatório. Quando são trazidos rapidamente para a superfície, a pressão interna de seus corpos acaba suplantando a pressão externa que diminui devido à subida. Como a pressão interna é muito maior que a pressão externa, explodem.

14. Durante a metamorfose, os anfíbios desenvolvem a respiração pulmonar e cutânea, em detrimento da respiração branquial característica da fase aquática. Para captar o gás oxigênio pelos pulmões e distribuí-lo pelo corpo, há alterações significativas no coração: nos girinos, possui apenas duas câmaras e, nos adultos, há três câmaras; a terceira é um segundo átrio, que recebe o sangue proveniente dos pulmões. Apesar de o sangue rico em gás oxigênio se misturar ao sangue rico em gás carbônico, o coração é organizado de modo que a maior parte do sangue rico em oxigênio vá diretamente ao cérebro, enquanto a maior parte do sangue pobre em oxigênio vá diretamente aos pulmões. A circulação nos anfíbios adultos é dupla e incompleta, ao passo que nos anfíbios jovens ela é simples. As adaptações do sistema circulatório acompanham as necessidades fisiológicas da respiração pulmonar.

15. a) O tuatara deve ter distribuição geográfica mais restrita, uma vez que a variação de temperatura corporal que ele suporta corresponde à estreita faixa entre 5 °C e 18 °C.

b) Os lagartos devem ter distribuição geográfica mais ampla, tendo em vista a grande variação de temperatura corporal que são capazes de suportar (entre 12 °C e 48 °C).

Faça você mesmo!

16. É preciso estar com os estudantes no momento da realização dessa atividade. Aproveite para comentar que os peixes ósseos não têm cloaca. Analise os esquemas do capítulo com os estudantes, ajudando-os na identificação dos diversos órgãos no animal dissecado. Chame a atenção para a linha lateral que percorre o corpo do peixe, da cabeça à cauda. Comente as características que devem ser observadas para saber se um peixe está bem fresco: os olhos devem estar brilhantes, as brânquias sobre o opérculo devem estar bem vermelhas e a musculatura deve estar firme ao tato.

A Biologia no vestibular e no Enem

8. a) Nos vertebrados, o aparecimento da mandíbula favoreceu os mecanismos de ataque e defesa e, junto com eles, a mudança de hábitos alimentares (preensão, mastigação etc.). O número que indica o surgimento dessa novidade evolutiva é o 3.

b) As inovações evolutivas que permitiram aos vertebrados ocuparem o meio terrestre estão indicadas pelos números 5 e 6.

- em 5:
  - pulmões, que permitiram a adaptação para as trocas gasosas no meio aéreo;
  - membros ligados à coluna vertebral pelos ossos das cinturas escapular e pélvica, favorecendo a locomoção e a sustentação do corpo fora do ambiente aquático.
- em 6:
  - impermeabilização da epiderme (queratinização), produção de excretas nitrogenadas menos tóxicas, ovos protegidos por casca (todas características adaptativas relacionadas com a economia de água), reprodução independente da água;
  - desenvolvimento embrionário favorecido pela presença de anexos embrionários, tais como o âmnio (meio líquido para hidratação e flutuação) e a alantoide (armazenamento de excretas nitrogenadas), além de ausência de estádios larvais aquáticos.

9. Foram os répteis. Nesses animais, a fecundação é interna, e o ovo apresenta casca, o que impede o dessecamento, e anexos embrionários, que protegem o embrião e permitem seu desenvolvimento em terra firme.

MÓDULO 4 ANATOMIA E FISIOLOGIA HUMANAS

CAPÍTULO 10
Nutrição, respiração, circulação e excreção

Questões para exercitar o pensamento

19. **a)** A: estômago; B: boca; C: intestino delgado. É possível chegar a essas conclusões já que o pH ótimo para o funcionamento da digestão em cada uma dessas regiões são, respectivamente, pH 2 (ácido), pH 6,7 (neutro – levemente ácido) e pH 8 (alcalino).

b)

Região	Enzima	Substâncias digeridas	Produtos da digestão
A	Pepsina	Proteínas	Peptonas
B	Amilase	Polissacarídios (amido)	Maltose e glicose
C	Tripsina	Proteínas e peptonas	Oligopeptídios

Se julgar oportuno, comente que no intestino delgado atuam diversas outras enzimas: quimiotripsina, amilopepsina, ribonuclease, desoxirribonuclease, lipase, carboxipeptidase, aminopeptidase, dipeptidase, maltase, sacarase, lactase e glicoamilase.

20. Em indivíduos com arteriosclerose, é esperado que a pressão sistólica se eleve, sem aumento da pressão diastólica, devido à diminuição do diâmetro interno das artérias e ao enrijecimento de suas paredes, que, sem elasticidade, perdem a capacidade de relaxar durante a sístole ventricular. Tal fato permite a detecção precoce desse quadro.

Faça você mesmo!

21. Recomendamos que acompanhe a realização da atividade feita pelos estudantes e aproveite para desfazer eventuais dúvidas. Uma sugestão é propor a participação do colega de Educação Física; ele poderá ajudar a coordenar a atividade física e na medição da frequência cardíaca após o esforço físico. Espera-se que os alunos percebam diferença entre os métodos de contagem dos batimentos cardíacos. Embora a contagem durante um minuto inteiro seja mais precisa, as medidas abreviadas têm a vantagem de ser mais rápidas. Nos casos em que a frequência tem de ser medida rapidamente, é preferível contar os batimentos durante 10 ou 15 segundos. Comente que o condicionamento físico de cada um influencia nos batimentos cardíacos. Pessoas habituadas a atividades físicas têm músculo cardíaco mais fortalecido e necessitam de menor número de batimentos para fazer circular a mesma quantidade de sangue que pessoas sedentárias. Ajude os estudantes a organizar suas medições. Pode-se, por exemplo, desenhar uma tabela na lousa reunindo as medidas de toda a classe e calcular o valor médio de frequência cardíaca em repouso (os valores após o exercício devem variar muito, devido às diferentes intensidades dos exercícios praticados).

A Biologia no vestibular e no Enem

12. **a)** Pâncreas.

b) Aumento da presença de açúcar, porque ele não entra nas células.

c) Amido.

13. A respiração pulmonar refere-se à entrada e saída de ar dos pulmões, que supre o sangue de gás oxigênio (O_2) e elimina dele gás carbônico (CO_2). O O_2, captado na respiração pulmonar, é levado até as células em que participa da respiração celular. Nesse processo, é gerado o CO_2, que é transportado pelo sangue e exalado na respiração pulmonar.

14. **a)** A resposta imunológica ativa resulta da reação do indivíduo quando estimulado pela presença de antígenos, e a passiva ocorre quando o indivíduo recebe anticorpos produzidos por outro organismo.

b) Imunização ativa artificial: vacina antitetânica, vacina tríplice, vacina BCG, vacina Sabin etc. Imunização passiva natural: anticorpos adquiridos via aleitamento neonatal; anticorpos adquiridos da mãe pelo feto através da placenta.

CAPÍTULO 11
Integração e controle corporal

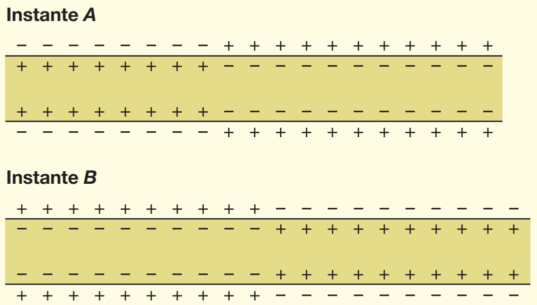
Questões para exercitar o pensamento

15. É esperado que a pessoa apresente tremores, arritmias cardíacas, dificuldade respiratória e de locomoção, espasmos involuntários, paralisia local em alguns membros ou dedos, ausência de movimentos motores refinados (como falar e realizar expressões faciais). A quantidade de gás nervoso inalado influenciará a abrangência e intensidade desses efeitos, podendo levar ao óbito por parada cardíaca.

16. O funcionamento dos músculos depende não só da recepção da acetilcolina na extremidade muscular da sinapse neuromuscular, mas também em sua degradação, que permite o relaxamento do músculo e a posterior recepção de novo estímulo. A injeção de curare impede que a acetilcolina atue sobre o músculo (pois ele está estavelmente ligado aos receptores musculares) e, ao não ser degradado, mantém o músculo em estado de excitação e contração, causando, assim, a paralisia do animal. Esse mesmo processo, ao acontecer nos músculos cardíacos, impede a sístole e a diástole, matando o animal por parada cardíaca.

17. a) Os potenciais registrados nos voltímetros representam as cargas elétricas no interior daquelas regiões do neurônio, naqueles instantes, e indicam que o sinal elétrico percorreu o axônio no sentido do 1º voltímetro para o 2º voltímetro.

b) Os estudantes devem apresentar um esquema semelhante a este:



ADILSON SECCO

c) Para o cálculo da velocidade, em km/h, é preciso fazer as conversões de unidades: cm para km e milésimo de segundos para hora. O resultado é aproximadamente 360 km/h. Se julgar oportuno, peça ajuda ao professor de Física para explicar o cálculo da velocidade.

A Biologia no vestibular e no Enem

7. a) Em I, há um aumento na concentração de glicose no sangue pela absorção intestinal dessa molécula, devido à digestão dos carboidratos. Esse aumento da concentração sanguínea de glicose estimula a liberação de insulina pelo pâncreas, levando à absorção dessa molécula pelas células e, consequentemente, à queda observada em II.

b) Com o jejum, a diminuição da concentração de glicose no sangue estimula a liberação de glucagon pelo pâncreas, levando à conversão de glicogênio do fígado em glicose, que é liberada na circulação para manter o nível normal e constante visto em III.

8. a) Não; o bócio citado no texto é causado pela falta de iodo no organismo.

b) Ele pode estar acompanhado de baixos níveis dos hormônios tireoidianos e, consequentemente, diminuição da atividade metabólica do organismo.

c) Tornou-se obrigatória a adição de iodo ao sal de cozinha comercializado.

CAPÍTULO 12

Revestimento, suporte e movimento do corpo humano

Questões para exercitar o pensamento

19. A mão infantil é a imagem A, pois ainda não apresenta plena ossificação. Ajude os estudantes na identificação dos ossos de cada mão: ossos carpais (punho, 8 ao todo), metacarpais (palma da mão e início do polegar, 5 ao todo) e falanges (dedos, 14 ao todo, sendo 3 em cada dedo e 2 no polegar).

Faça você mesmo!

20. A atividade exige certo grau de habilidade manual. Ressalte que no relatório devem constar uma introdução, objetivos, materiais utilizados, passo a passo da montagem, resultados e conclusões. Uma sugestão é disponibilizar os vídeos feitos pelos estudantes sobre a montagem da atividade no *blog* da escola.

A Biologia no vestibular e no Enem

6. O suor, ao evaporar, absorve grande quantidade de calor do corpo, resfriando-o. Quando a temperatura do corpo sobe, impulsos nervosos provocam dilatações dos vasos sanguíneos dérmicos, fazendo com que maior quantidade de sangue passe a circular na pele. Com isso, aumenta a irradiação de calor para o meio e o corpo esfria.

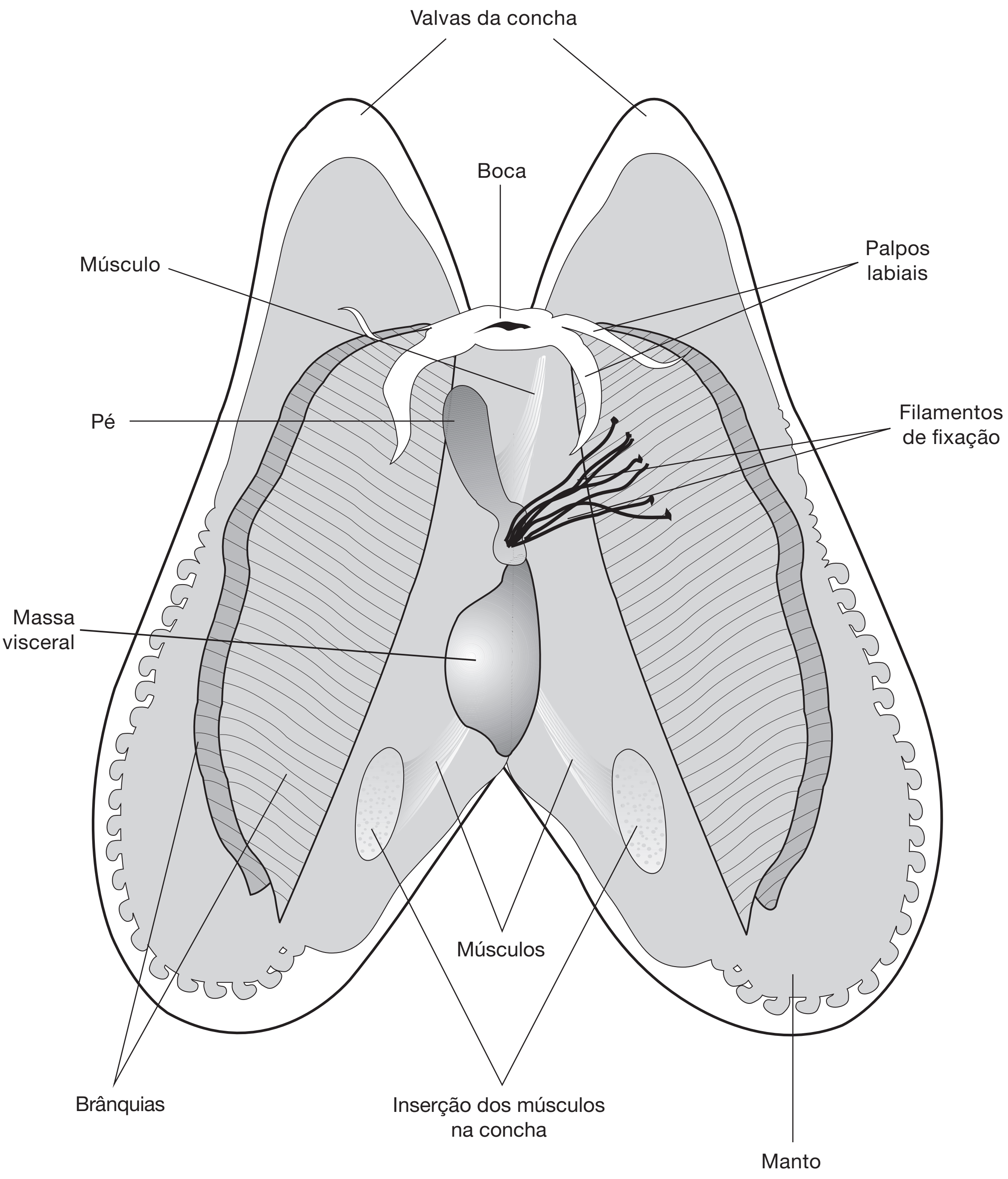
7. a) No velocista, há mais fibras do tipo II e, no maratonista, do tipo I.

b) Há maior número de mitocôndrias nas fibras musculares do tipo I. É nesse tipo de fibra que há maior concentração de enzimas oxidativas (que produzem energia na forma de ATP). Assim, numa prova de maratona (atividade física duradoura), a sustentação oferecida por essas fibras é importantíssima.

8. O ácido lático se forma quando a necessidade muscular de gás oxigênio é maior do que a quantidade fornecida pelo sistema respiratório. Nessa condição, em que o músculo necessita de muita energia, além da respiração, ele realiza a fermentação lática para gerar rapidamente uma quantidade adicional de ATP. Um atleta amador poderia praticar atividades físicas moderadas que não necessitam de tanta energia muscular; portanto, não haveria realização de fermentação lática e acúmulo desse ácido. Além disso, as atividades físicas moderadas praticadas regularmente condicionam o corpo aos poucos para atividades mais intensas, melhorando a capacidade cardiorrespiratória e aumentando a tensão muscular, por exemplo.

Páginas para reproduzir

DISSECANDO UM MEXILHÃO

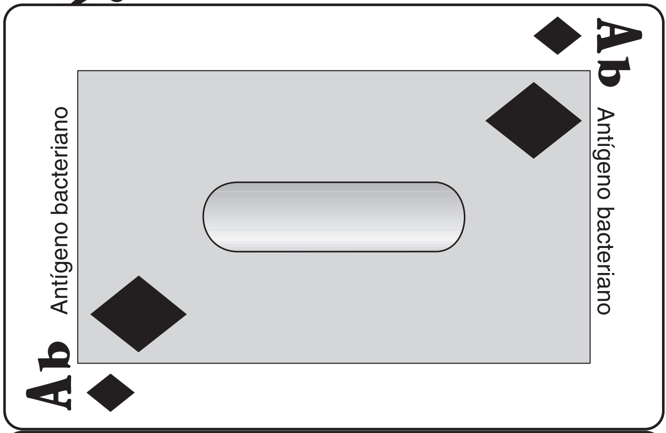

Valvas da concha
Boca
Músculo
Palpos labiais
Pé
Filamentos de fixação
Massa visceral
Músculos
Brânquias
Inserção dos músculos na concha
Manto

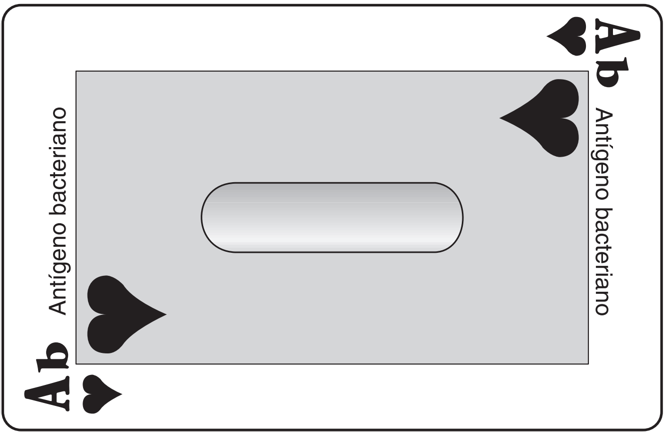
ADILSON SECCO

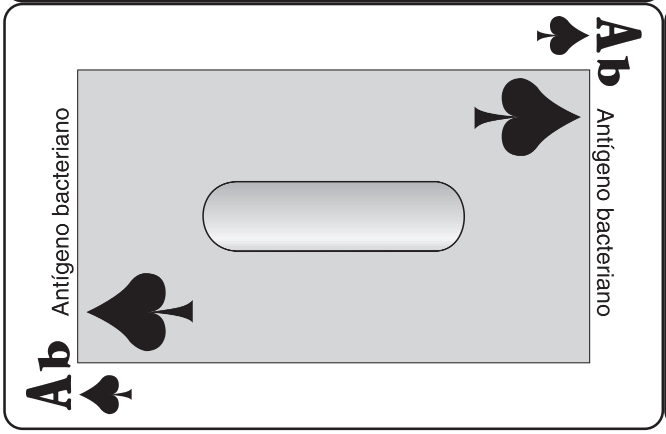
Adaptado de: RODRIGUES, S. A. *Zoologia*. São Paulo: Cultrix, 1970.

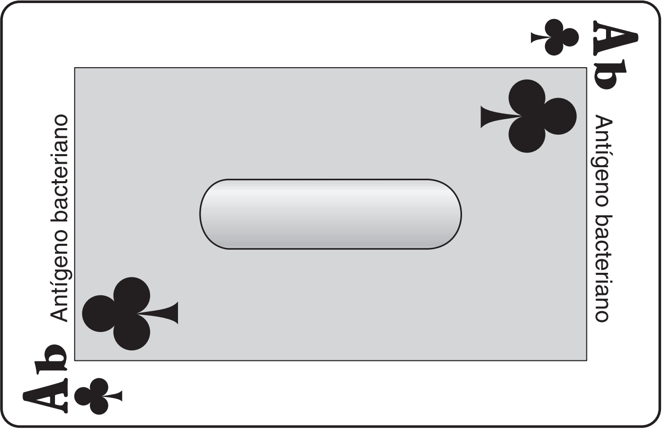
O JOGO DA IMUNIDADE

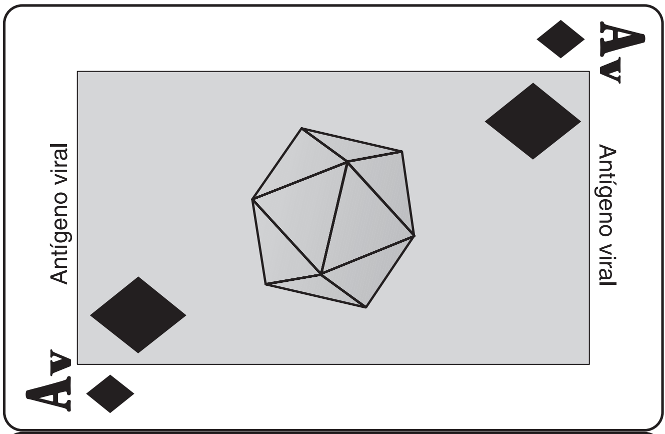
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

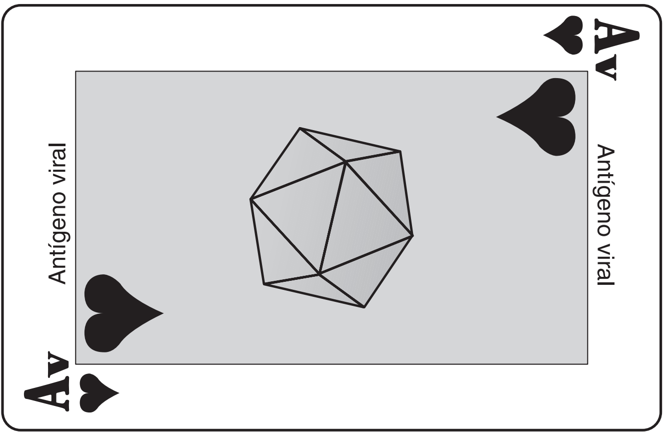

Ab
Antígeno bacteriano
Antígeno bacteriano
Ab

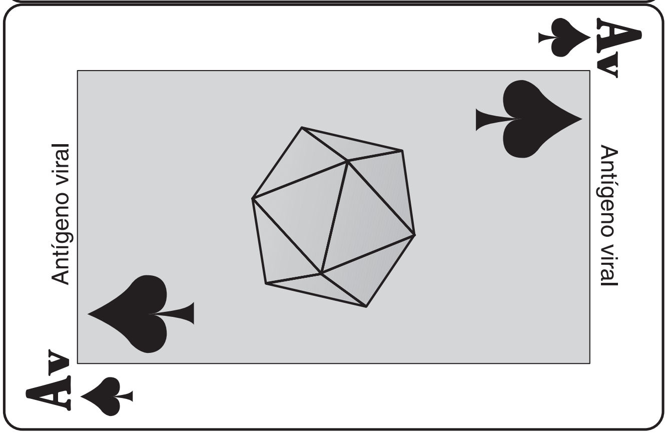

Ab
Antígeno bacteriano
Antígeno bacteriano
Ab

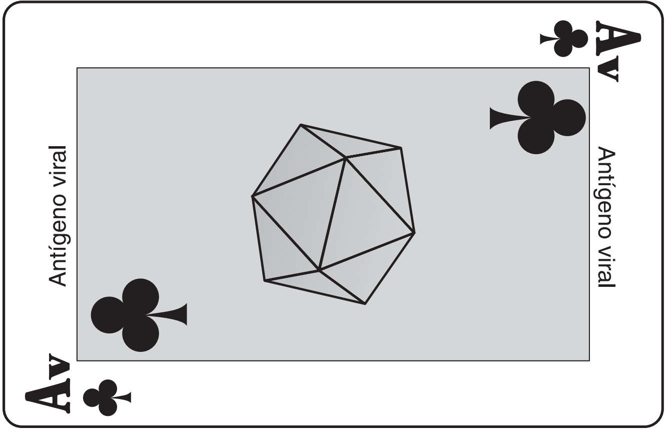

Ab
Antígeno bacteriano
Antígeno bacteriano
Ab


Ab
Antígeno bacteriano
Antígeno bacteriano
Ab


Av
Antígeno viral
Antígeno viral
Av

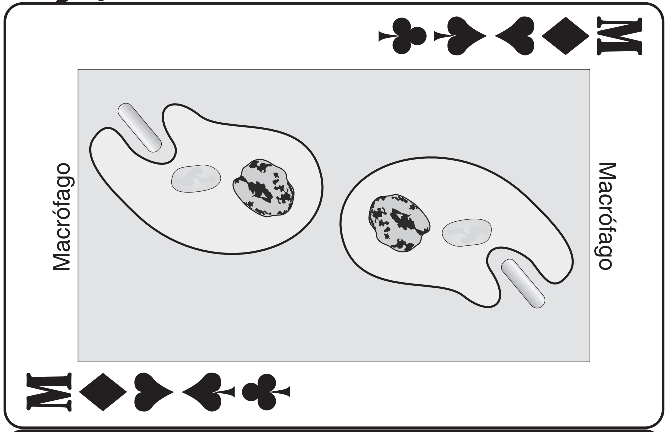

Av
Antígeno viral
Antígeno viral
Av

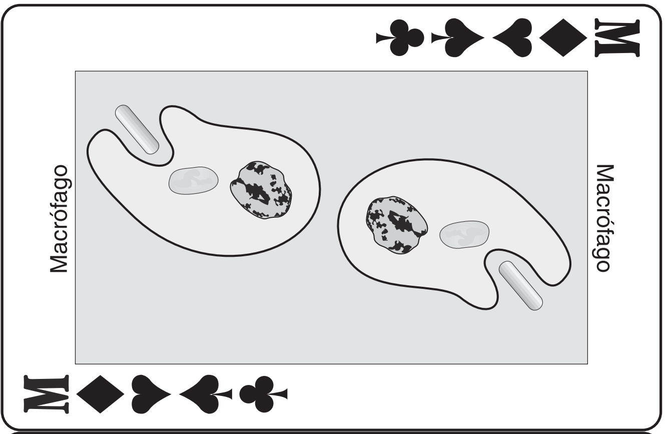

Av
Antígeno viral
Antígeno viral
Av

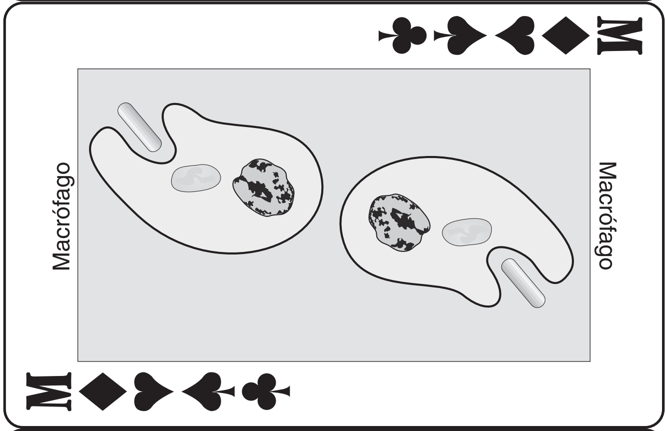

Av
Antígeno viral
Antígeno viral
Av

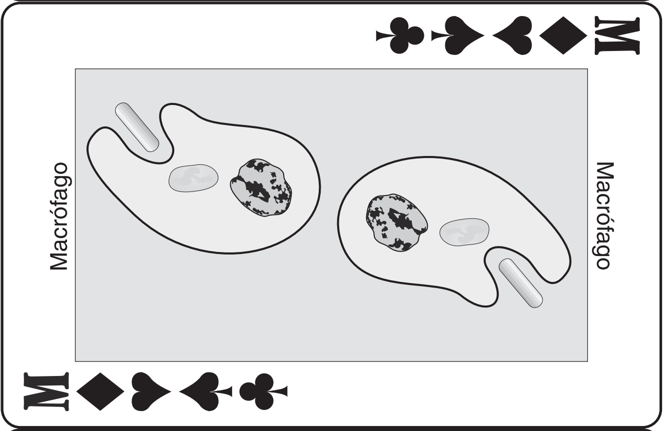
O JOGO DA IMUNIDADE

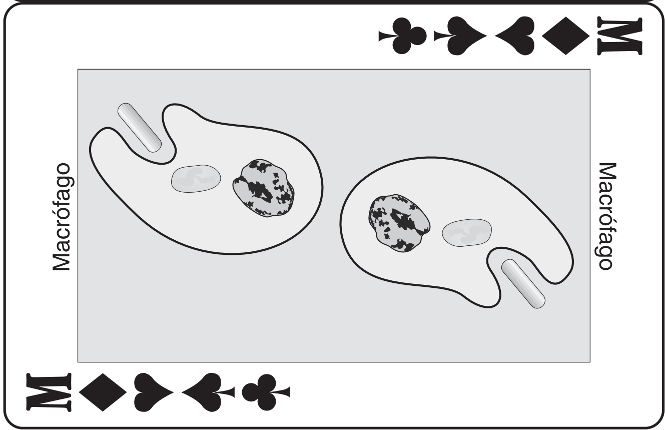
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

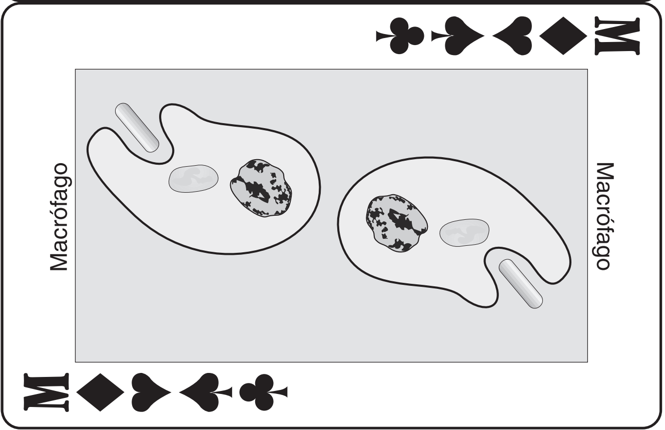

M
Macrófago
Macrófago
M

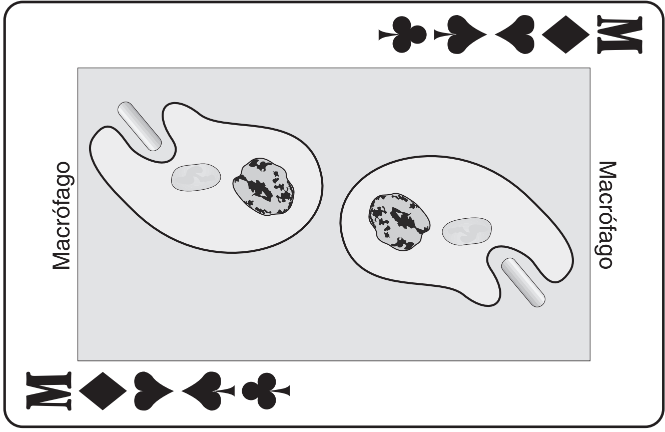

M
Macrófago
Macrófago
M

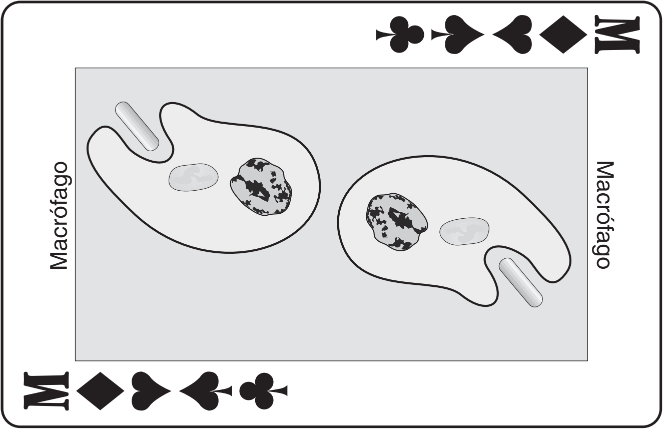

M
Macrófago
Macrófago
M


M
Macrófago
Macrófago
M


M
Macrófago
Macrófago
M

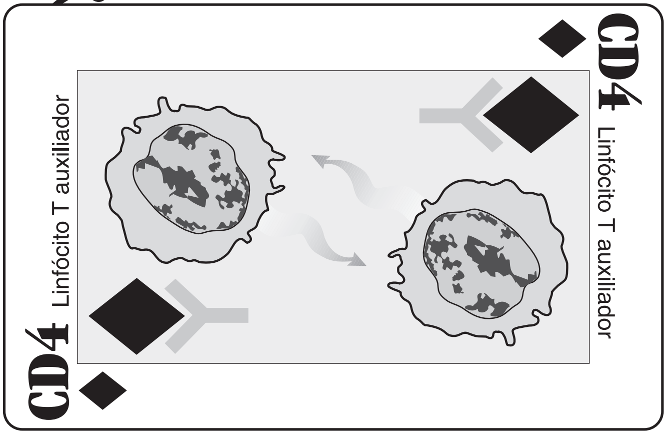

M
Macrófago
Macrófago
M

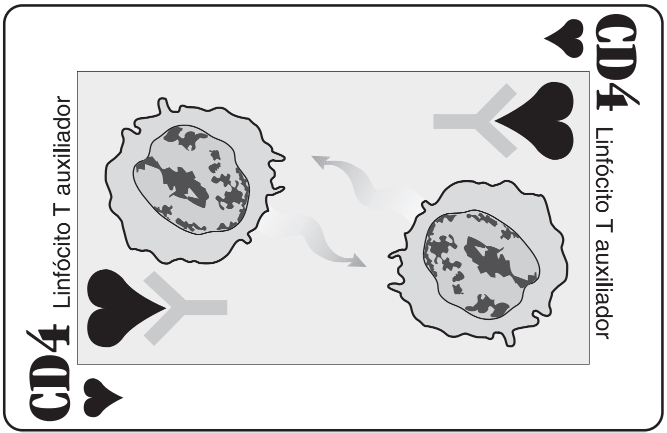

M
Macrófago
Macrófago
M

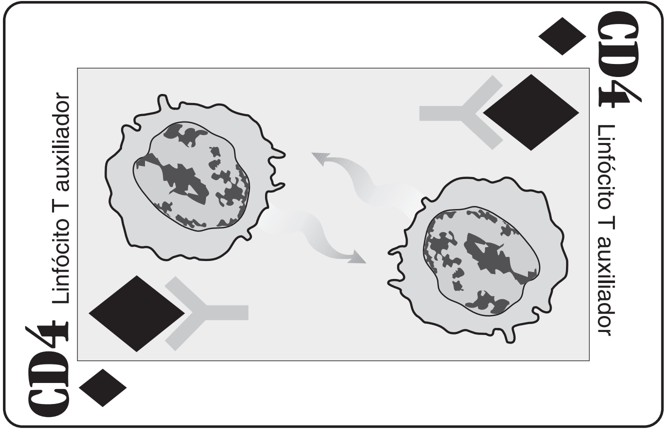

M
Macrófago
Macrófago
M

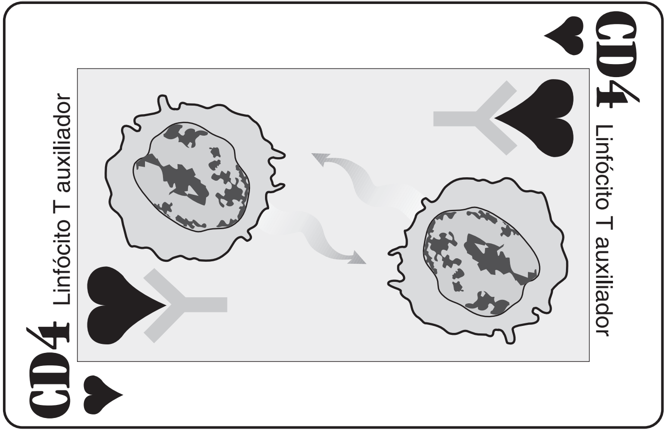
O JOGO DA IMUNIDADE

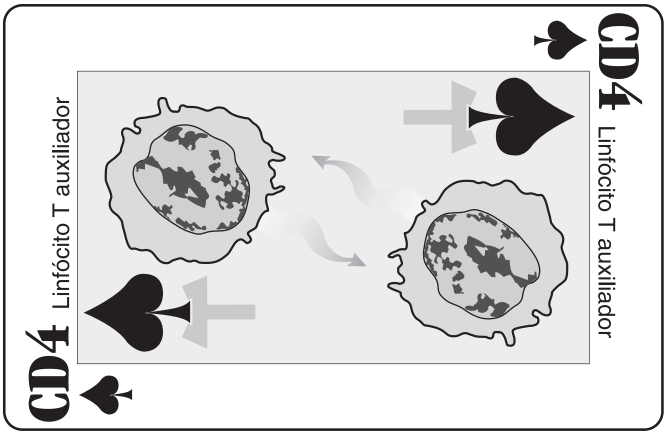
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

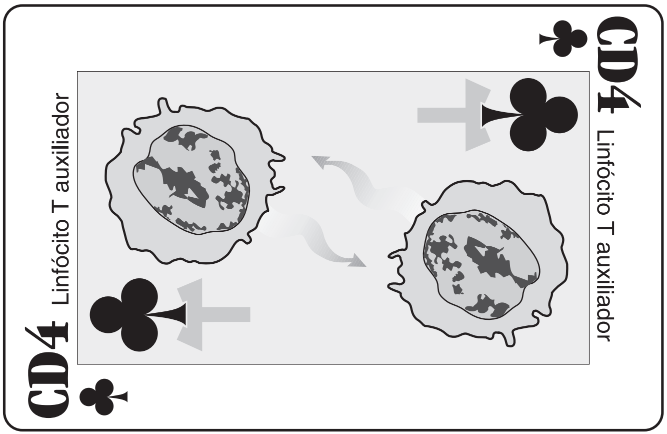

CD4
Linfócito T auxiliador
CD4
Linfócito T auxiliador

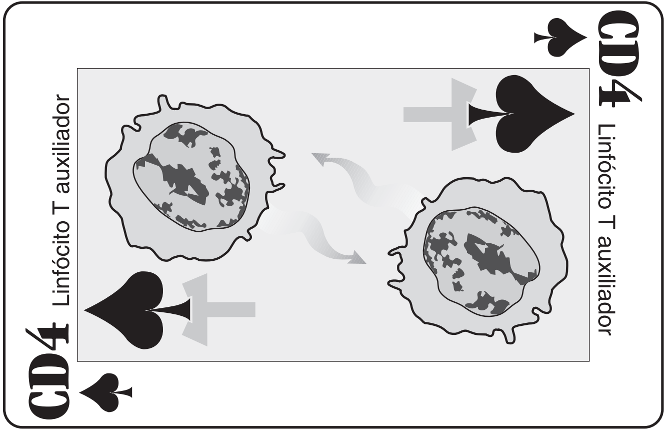

CD4
Linfócito T auxiliador
CD4
Linfócito T auxiliador

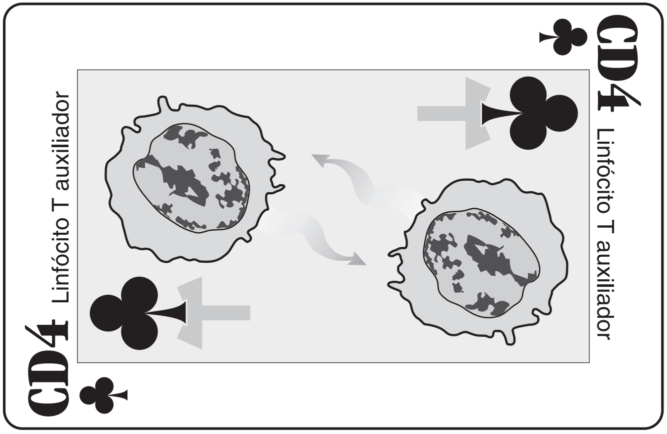

CD4
Linfócito T auxiliador
CD4
Linfócito T auxiliador


CD4
Linfócito T auxiliador
CD4
Linfócito T auxiliador

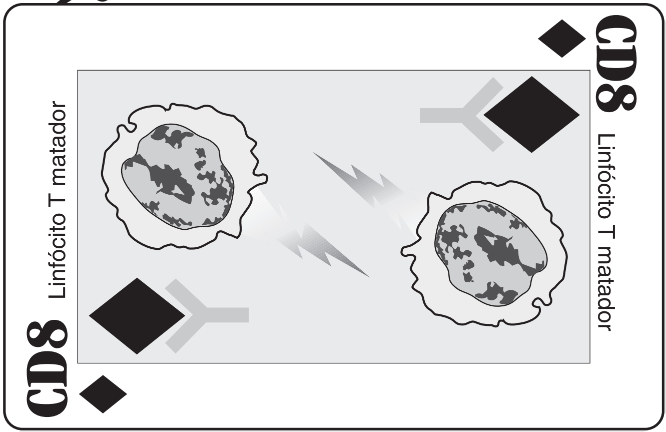

CD4
Linfócito T auxiliador
CD4
Linfócito T auxiliador

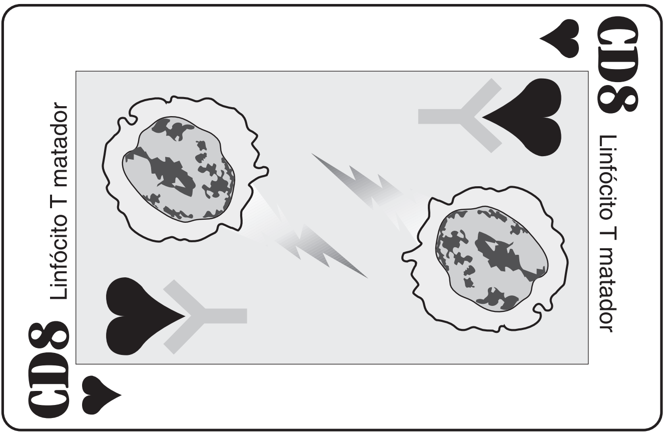

CD4
Linfócito T auxiliador
CD4
Linfócito T auxiliador


CD4
Linfócito T auxiliador
CD4
Linfócito T auxiliador

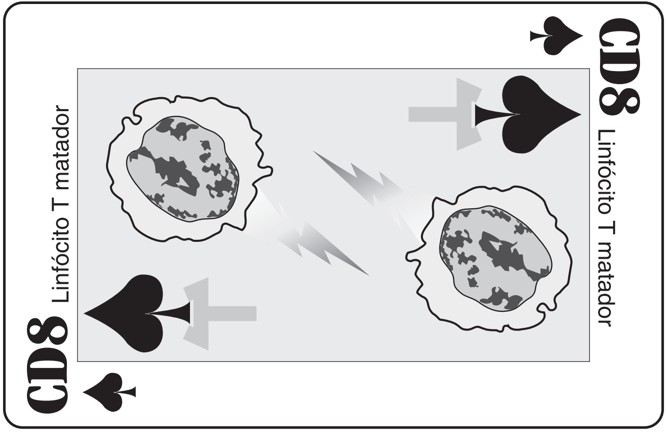

CD4
Linfócito T auxiliador
CD4
Linfócito T auxiliador

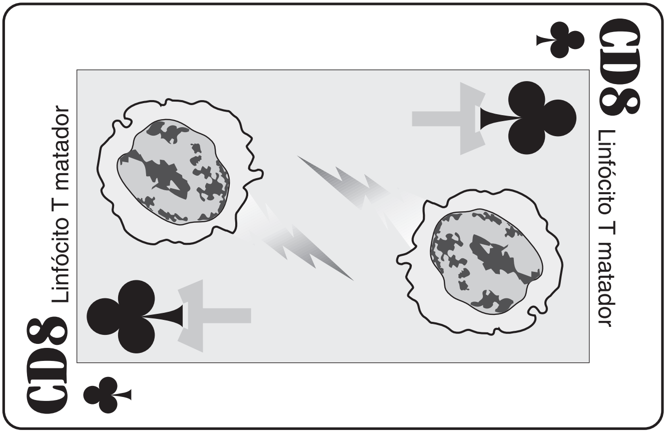
O JOGO DA IMUNIDADE

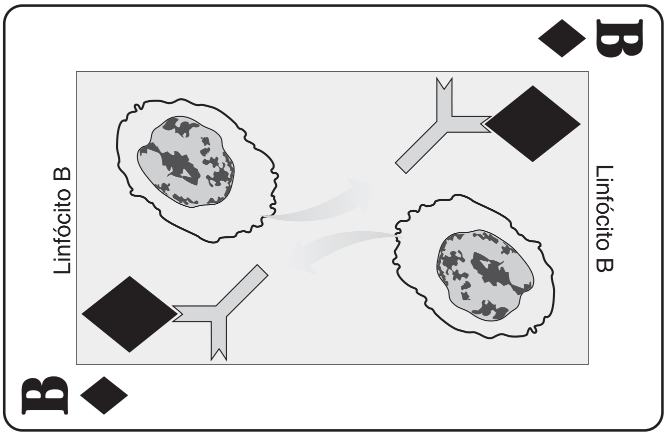

CD8
Linfócito T matador
Linfócito T matador
CD8

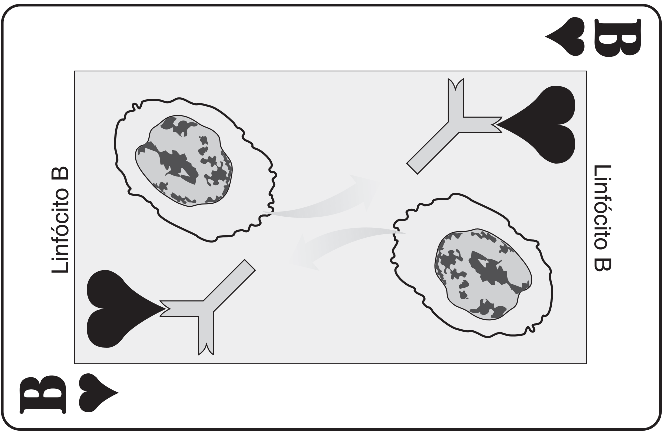

CD8
Linfócito T matador
Linfócito T matador
CD8

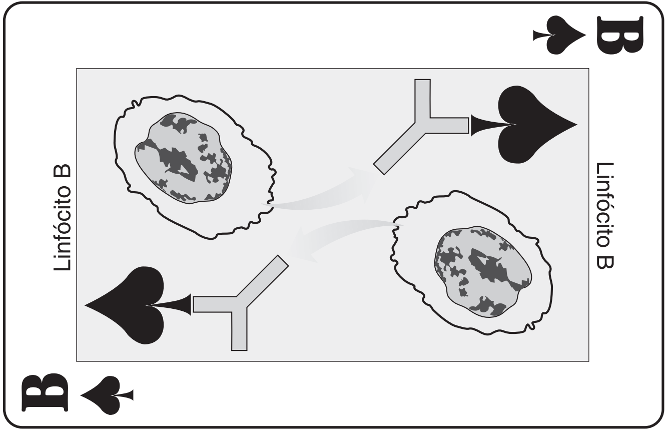
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

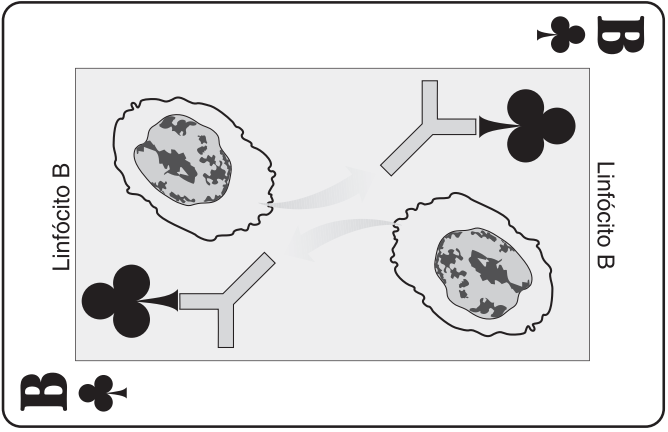

CD8
Linfócito T matador
Linfócito T matador
CD8


CD8
Linfócito T matador
Linfócito T matador
CD8

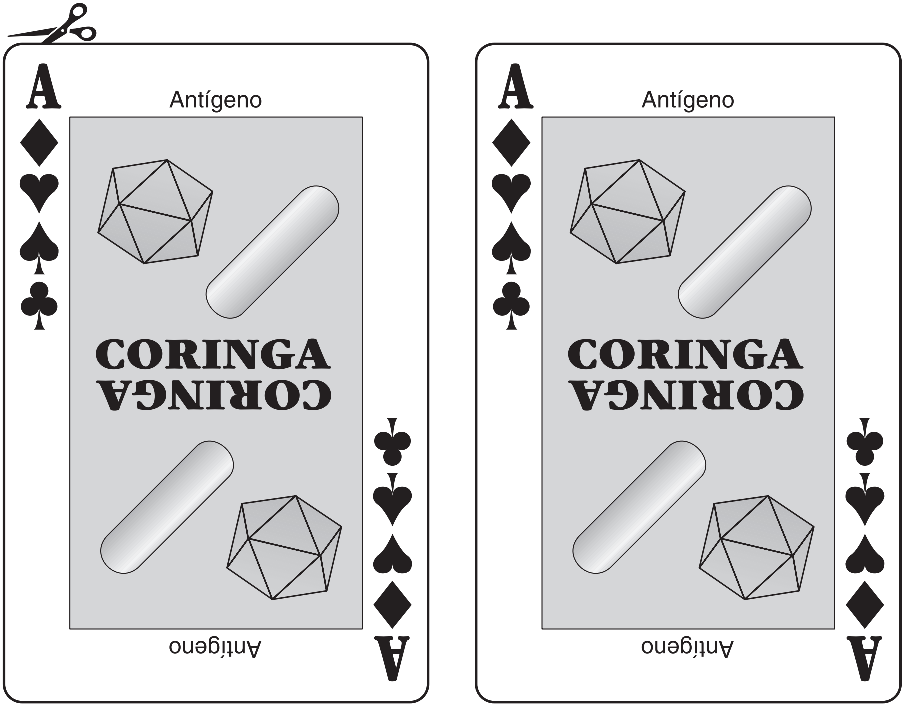

B
Linfócito B
Linfócito B
B


B
Linfócito B
Linfócito B
B


B
Linfócito B
Linfócito B
B


B
Linfócito B
Linfócito B
B

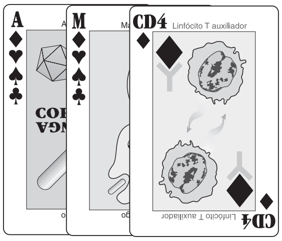
O JOGO DA IMUNIDADE


A
Antígeno
CORINGA
CORINGA
Antígeno
A
A
Antígeno
CORINGA
CORINGA
Antígeno
A

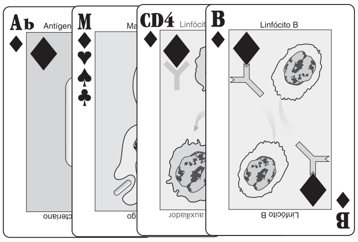
O JOGO DA IMUNIDADE

Pontuação

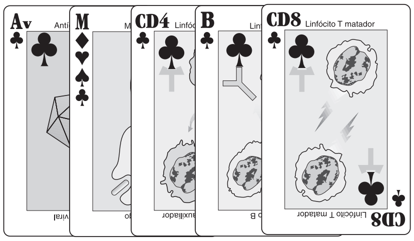
Valor das sequências baixadas


A
M
CD4
Linfócito T auxiliador

3 cartas = 50 pontos


Ab
Antígeno
M
CD4
B
Linfócito B

4 cartas = 100 pontos


Av
M
CD4
B
CD8
Linfócito T matador

5 cartas = 150 pontos

Usar as cartas do morto = 100 pontos
Batida final = 100 pontos
Desconto das cartas retidas na mão: **Ab**, **Av** ou **M** = 10 pontos
CD4, **CD8** ou **B** = 20 pontos
A coringa = 50 pontos
Término da partida: 2.000 pontos

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

HINO NACIONAL

Letra: Joaquim Osório Duque Estrada

Ouviram do Ipiranga as margens plácidas
De um povo heroico o brado retumbante,
E o sol da liberdade, em raios fúlgidos,
Brilhou no céu da Pátria nesse instante.

Se o penhor dessa igualdade
Conseguimos conquistar com braço forte,
Em teu seio, ó liberdade,
Desafia o nosso peito a própria morte!

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, um sonho intenso, um raio vívido
De amor e de esperança à terra desce,
Se em teu formoso céu, risonho e límpido,
A imagem do Cruzeiro resplandece.

Gigante pela própria natureza,
És belo, és forte, impávido colosso,
E o teu futuro espelha essa grandeza.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!

Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada,
Brasil!

Música: Francisco Manuel da Silva

Deitado eternamente em berço esplêndido,
Ao som do mar e à luz do céu profundo,
Fulguras, ó Brasil, florão da América,
Iluminado ao sol do Novo Mundo!

Do que a terra mais garrida
Teus risonhos, lindos campos têm mais flores;
"Nossos bosques têm mais vida",
"Nossa vida" no teu seio "mais amores".

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, de amor eterno seja símbolo
O lábaro que ostentas estrelado,
E diga o verde-louro desta flâmula
- Paz no futuro e glória no passado.

Mas, se ergues da justiça a clava forte,
Verás que um filho teu não foge à luta,
Nem teme, quem te adora, a própria morte.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!

Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada,
Brasil!

De onde vem a nossa comida?

O sistema de produção e distribuição de alimentos pode promover justiça social e proteger o ambiente ou, ao contrário, gerar desigualdades sociais e ameaças aos recursos naturais e à biodiversidade. Precisamos buscar um sistema agroalimentar que não prejudique a vida das pessoas, nem o meio ambiente e nem a nossa saúde. A sustentabilidade também está nas escolhas que vão para a mesa!

Este livro didático é um **bem reutilizável** da escola e deve ser **devolvido em bom estado** ao final do ano para uso de outra pessoa no **próximo** período letivo.

ISBN 978-85-16-10523-5

9 788516 105235

FNDE MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

BRASIL GOVERNO FEDERAL

CÓDIGO DO LIVRO:
0196P18113102IM